

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra mechanické technologie

**Eliminace úzkých míst a zefektivnění výroby  
pistolových ráků**

Elimination of Bottlenecks and More Efficient  
Production of Gun Frames

Student:

Bc. David Doležálek

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Vladimíra Schindlerová, Ph.D.

Ostrava, 2018

## Zadání diplomové práce

Student: **Bc. David Doležálek**  
Studijní program: N2301 Strojní inženýrství  
Studijní obor: 2303T002 Strojírenská technologie  
Téma: **Eliminace úzkých míst a zefektivnění výroby pistolových rámců**  
**Elimination of Bottlenecks and More Efficient Production of Gun Frames**  
Jazyk vypracování: čeština

### Zásady pro vypracování:

1. Teoretická východiska zadané problematiky.
2. Analýza současného stavu.
3. Identifikace úzkých míst.
4. Návrhy inovací výrobní linky.
5. Zhodnocení optimalizace a přínos pro podnik.

### Seznam doporučené odborné literatury:

ČSN ISO 690 (01 0197) *Informace a dokumentace: Pravidla pro bibliografické odkazy a citace informačních zdrojů*. Praha: ÚNMZ, 2011, 40 s.  
KEŘKOVSKÝ, M. *Moderní přístupy k řízení výroby*. Vyd. 2. Praha: C. H. Beck, 2009. 137 s. ISBN 978-80-740-0119-2.  
MAŠÍN, I., VYTLAČIL, M. *Cesty k vyšší produktivitě. Strategie založená na průmyslovém inženýrství*. Liberec. Institut průmyslového inženýrství. 1996, ISBN 80-902235-0-8.  
KOŠTURIÁK, J., FROLÍK, Z. *Štíhlý a inovativní podnik*. Vyd. 1. Praha: Alfa Publishing, 2006. 240 s. ISBN 80-86851-38-9.

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Vladimíra Schindlerová, Ph.D.**

Datum zadání: 08.12.2017

Datum odevzdání: 21.05.2018

  
Ing. Lucie Krejčí, Ph.D.  
vedoucí katedry



  
doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.  
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě 16. 5. 2018



Podpis studenta

Prohlašuji, že:

- jsem si vědom, že na tuto moji závěrečnou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. Zákon o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (dále jen Autorský zákon), zejména § 35 (Užití díla v rámci občanských či náboženských obřadů nebo v rámci úředních akcí pořádaných orgány veřejné správy, v rámci školních představení a užití díla školního) a § 60 (Školní dílo),
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo užít tuto závěrečnou diplomovou práci nekomerčně ke své vnitřní potřebě (§ 35 odst. 3 Autorského zákona),
- bude-li požadováno, jeden výtisk této diplomové práce bude uložen u vedoucího práce,
- s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 Autorského zákona,
- užít toto své dílo, nebo poskytnout licenci k jejímu využití, mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše),
- beru na vědomí, že - podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů - že tato diplomová práce bude před obhajobou zveřejněna na pracovišti vedoucího práce, a v elektronické podobě uložena a po obhajobě zveřejněna v Ústřední knihovně VŠB-TUO, a to bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě dne 16. května 2018

  
.....  
Podpis autora práce

Jméno a příjmení autora práce:

Bc. David Doležálek

Adresa trvalého pobytu autora práce:

Josefa Herčíka, 2722

## **ANOTACE DIPLOMOVÉ PRÁCE**

DOLEŽÁLEK, D. *Eliminace úzkých míst a zefektivnění výroby pistolových rámců: diplomová práce*, Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra mechanické technologie, 2018, 67 s. Vedoucí práce Schindlerová, V.

Cílem diplomové práce je zpracování metodiky hledání úzkých míst pomocí kapacitních propočtů v multivýrobním výrobním procesu ve výrobní společnosti Česká zbrojovka a.s. v Uherském Brodě. První část práce je zaměřena na oblast teorie omezení a plánování výroby. Rovněž jsou rozebrány teoretické východiska této problematiky. V praktické části práce je uvedena historie o společnosti Česká zbrojovka a.s. a jsou popsány základní charakteristiky jejich výroby. Dále je zpracována analýza, ve které je uvedena metodika hledání úzkých míst, a ty jsou nalezeny ve vybraném výrobním procesu. Následně je zpracován metodický postup eliminace úzkých míst.

Klíčová slova: Teorie omezení, úzké místo, kapacitní omezení, SMED, optimalizace, TPM

## **ANNOTATION OF MASTER THESIS**

DOLEŽÁLEK, D. *Elimination of bottlenecks and more efficient production of pistol frames: master thesis*, Ostrava: VŠB - Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Mechanical Technology, 2018, 67 p. Lecturer Schindlerová, V.

The aim of the master thesis is the elaboration of the method of finding bottlenecks by means of capacitive calculations in a multilanguage production process in the production company Česká zbrojovka a.s. in Uherský Brod. The first part of the thesis focuses on the area of constraint theory and production planning. In addition, the theoretical basis of this issue is discussed. The practical part of the thesis presents the history of Česká zbrojovka a.s. and the basic characteristics of their production are described. Furthermore, an analysis is made, which describes the method of searching for bottlenecks and these are found in the selected production process. Subsequently, the method of elimination of bottlenecks is elaborated.

Key words: Theory of constraints, bottlenecks, capacity constraints, SMED, optimization, TPM

# Obsah

ÚVOD .....	8
1 TEORETICKÁ VÝCHODISKA ZADANÉ PROBLEMATIKY .....	9
1.1 Plánování a řízení výroby .....	9
1.2 Teorie omezení .....	11
1.3 Principy TOC .....	15
1.4 Metoda 5S, vizualizace a standardizace .....	17
1.5 Maximální využití strojních zařízení (OEE) .....	18
1.6 SMED (Single Minute Exchange of Die) .....	22
2 ANALÝZA SOUČASNÉHO STAVU .....	27
2.1 HISTORIE CZUB .....	27
3 IDENTIFIKACE ÚZKÝCH MÍST .....	34
3.1 Interní údržba .....	36
3.2 Zvýšení produkce o 20% .....	37
3.3 Uspořádání pracoviště 5S .....	39
3.4 SMED .....	41
3.5 OEE .....	43
4 NÁVRHY INOVACÍ VÝROBNÍ LINKY .....	48
4.1 Výběr nové technologie výroby .....	49
4.2 Navrhnutí robotu .....	50
4.3 Zapojení do výrobního procesu .....	52
5 ZHODNOCENÍ OPTIMALIZACE A PŘÍNOS PRO PODNIK .....	55
6 ZÁVĚR .....	60
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY .....	63
SEZNAM PŘÍLOH .....	67

## SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

TOC	Theory of Constraints (Teorie omezení)
OPT	Optimalized Production Technology (Optimalizace výrobního procesu)
JIT	Just in Time (včasná dodávka materiálu)
DBR	Drum Buffer Rope
TQM	Total Quality Management (Komplexní řízení kvality)
CZUB	Česká zbrojovka Uherský Brod
PI	Průmyslové inženýrství
SMED	Single Minute Exchange of Die (výměna nástrojů během jedné minuty)
TPM	Total productive maintenance (Totálně produktivní údržba)
OEE	Overall Equipment Effectiveness (Celková efektivnost zařízení)
SFM	Shop Floor Management (Dílenské řízení)
KPI	Klíčové ukazatele výkonnosti

# ÚVOD

*„Vždy a všude existují nějaká omezení“.*

Tato věta, je společná pro všechny aspekty jak života ve výrobním závodě tak i života osobního. Vždy něco brání plnému výkonu, ale také se vždy dá něco lépe využít, zlepšit, inovovat. Za téma své diplomové práce jsem si vybral světově známou filozofii, Teorii omezení. Konkrétně, se ve své práci chci zaměřit na hledání úzkých míst v případě velkého množství výrobků i zdrojů s ohledem na výrobní plán. K tomu, že jsem si vybral právě teorii omezení, existuje racionální důvod. U této teorie mně totiž zaujal její způsob vypořádání se, se složitými a komplexními problémy. Nabízí elegantní řešení, které prokazatelně funguje a které je založeno na jednoduchých principech z běžného života. Složité problémy mnohdy nemají složitá řešení. Nikdo už se nepozastavuje nad tím, zdali by se nedaly řešit lépe. A poté si málokdo uvědomuje, že celý podnik je tak silný, jako jeho nejslabší článek. Podstatou věci je tak najít onen nejslabší článek.

Základním principem i postupem teorie omezení je nalezení nejslabšího místa systému, co nejvíce ho využít, dostat z něj maximum a poté se opět vrátit na začátek a opět hledat nejslabší článek. Tím se z toho stává nikdy nekončící proces zlepšování využití systému a tak, podle mého názoru je velmi úzce spojen s trvalým, kontinuálním zlepšováním v souladu s japonskou filozofií Kaizen.

Pro podniky, v dnešní době, není výhodné nakupovat nové stroje. To se pro ně stalo až krajním řešením, které si žádá velké investice a tak stojí mnoho peněz. Lepší cestou je vyhledávat nejvytíženější a tak nejvíce omezující články systému a snažit u nich o maximální navýšení propustnosti. Tím zvyšovat jejich využití metodami průmyslového inženýrství, jelikož vždy existuje prostor pro zlepšení, inovace. Teorie omezení má také schopnost minimalizovat působení náhodných vlivů a s nimi souvisejících časových skluzů ve výrobě což je v dnešní podnikové praxi jedna z velkých výhod.

Cílem diplomové práce bude nalézt úzká místa výrobního procesu za použití nástrojů používané v CZUB, použití potřebných nástrojů štíhlé výroby k eliminaci tohoto omezení. V souvislosti s kapacitním omezením a zastaralostí strojů i navržení modernizace pracoviště.

*„Pokud neřídíte úzká místa vy, řídí ony vás.“*



# **1 TEORETICKÁ VÝCHODISKA ZADANÉ PROBLEMATIKY**

První kapitola, popisuje teoretická východiska při vyskytnutí úzkých míst. Jsou zde uvedena, jak případná úzká místa v procesu identifikovat, ale také jaké následné kroky a nástroje používat pro jejich systémové odstranění.

## **1.1 Plánování a řízení výroby**

Výroba slouží k vytváření materiálních i nemateriálních statků odpovídajících tržní poptávce a řízení výroby je aplikací obecných zásad a nástrojů managementu řízení výroby. Plánování a řízení výroby je tak v těsném vztahu s řadou dalších ekonomicko-manážerských a humanitních disciplín. Klasický výrobní proces je členěn do tří základních fází – předzhotovující, zhotovující, dohotovující.

Plánování výroby je, podle teoretických pramenů, stanovení sortimentu a množství objednávek, které je nutné ve výrobním procesu realizovat, tzn. které je potřeba vyrobit. Cílem tohoto procesu je zjištění adekvátního termínového rozvrhu při využití disponibilních výrobních zařízení. Při plánování se informace čerpají z informačního systému daného podniku nebo jsou těženy pozorováním.

Při plánování výroby je třeba brát v potaz složení produktového portfolia a výrobní postupy jednotlivých dílů. Na to navazují další faktory jako stavy zásob, rozpracované výroby, layout podniku a konkrétních dílen apod.

Produktovým portfoliem se rozumí produkty – výrobky, služby, výkony, které mají být v určitém časovém úseku vyráběny. Úkolem plánování a řízení výroby je zajistit soulad mezi prioritami na výrobu a možnostmi reálného výrobního programu.

Výrobní proces je realizován transformací výrobních faktorů na zboží či službu a je determinován určením výrobku, varietou a množstvím výrobků, použitými technologiemi, uspořádáním a organizací výroby, její stabilitou a schopností reagovat na poptávku.

Při sumarizaci a vizualizaci výrobních postupů je nutné brát v ohled na tokové principy plánování a řízení výroby, dodržování homogenních postupových úseků a jejich segmentaci, ale i správně definovat klíčové parametry na jednotlivé výrobní operace

a dotčené zařízení či pracovníky. Důraz je třeba klást na postupové plány operací, schéma průběhu výroby, tokové karty, schéma průběhu výroby a layout výroby.

Podle velikosti výrobních dávek a také podle počtu druhů výrobků můžeme výrobu rozdělit na:

- kusovou
- sériovou
- hromadnou

Největší rozdíl, který od sebe odlišuje výše uvedené rozdělení je ve velikosti vyráběného množství, či sérií, a způsob organizování rozložení výrobních faktorů, jako jsou, maximální využití strojního zařízení, uspořádání nebo specializací pracovníků.

Hromadná a sériová výroba má většinou větší podíl práce na speciálních strojích a na strojích plně automatizovaných, nebo na strojních zařízeních s nízkou pracovní silou, uspořádání do linek, kde jsou výstupy jednoho pracoviště automaticky přepracovány jako vstupy na následující pracoviště.<sup>1</sup>

V plánování výroby je nutno řešit mnoho aspektů jako výrobní a dopravní dávky což jsou skupiny součástí zadávaných v jednom okamžiku do výroby společně. Průběžné doby výroby, podle kterých je stanoven čas plánovaný na provedení určité části výrobního procesu. Je nutné také počítat se směnností, podle kterého se řídí, v kolika pracovních směnách pracovního dne je výroba uskutečňována. Využití výrobních kapacit pak výrazně ovlivňuje úspěšnost výrobních procesů, kdy je snahou využít výrobní kapacity na sto procent což se v některých případech zařídit nedá, ale přiblížení k této hranici je nutným požadavkem pro každého průmyslového inženýra. Problémem bývají prostoje pracovišť, tzn. doby, kdy pracoviště z nějakého důvodu nepracují (největším problémem bývají prostoje z důvodu nedostatku práce pro pracoviště). Prostoje však mohou vznikat na základě organizačních důvodů nebo jako důsledek chybného plánování. Je dobré také mít přehled o rozpracované výrobě, ta je měřena peněžním vyjádřením hodnoty výrobních zdrojů vázaných v procesu výroby. Při zachování její potřebné výše pro stabilitu výrobního systému je v praxi snaha o její minimalizaci. Dle dostupné literatury je odhadováno, že rozpracovaná výroba v českých strojírenských podnicích je v průměru třikrát větší, než rozpracovaný výroba konkurentů v průmyslově vyspělejších zemích. V souvislosti

s prostorovým a organizačním uspořádáním výrobního procesu se řeší materiálové toky, které se hodnotí podle tří kritérií. Rychlosti, vzdálenosti a plynulosti přepravy. Dále je nutné zohledňovat uspořádání pracovišť, kde je možné si vybrat z několika konceptů. Uspořádání s pevnou pozicí výrobku, kdy jsou transformující výrobní zdroje podle potřeby přesouvány do místa výroby, transformované výrobní zdroje jako materiál, rozpracovaný výrobek, se v průběhu zpracování nepohybují. Uspořádání technologické, kdy jsou vytvořeny skupiny sobě podobných pracovišť a kde nejsou pracoviště seřazena podle technologického postupu, ale materiál či rozpracované výrobky se přesouvají podle potřeby mezi pracovišti. Dále je možné využít buňkové uspořádání, ve kterém jsou pracoviště uspořádány do skupin tak, aby určité části výrobního procesu mohly být uskutečněny na jednom místě, resp. v buňce bez přemísťování výrobku či materiálu mezi jednotlivými operacemi. Rovněž se používá i předmětné uspořádání, kde jsou pracoviště seřazena účelově dle potřeb zpracování výrobku s ohledem na jejich minimální přesuny.<sup>1</sup>

## **1.2 Teorie omezení**

Na konci dvacátého století se podniky dostaly do poměrně nové situace, diametrálně odlišné od situace, ve které se naučili orientovat v minulosti. Nové technologie daly příležitost vzniku nových výrobků, technologických postupů, způsobů realizace výroby, ale i prodeje, marketingu a také zvyklostí a požadavků zákazníků. Současně mají podniky a jejich manažeři logickou tendenci snažit se o maximální návratnost vkládaných investic, což zahrnuje dosahování cílů jako je zvyšování prodeje, podílu na trhu, kvality a snižování nákladů.

I přesto, že tyto cíle jsou prakticky stejné jako v minulosti, změnil se částečně jejich způsob dosahování a naplňování. Součástí těchto změn se staly i nové přístupy k řízení podniků, potažmo výroby.

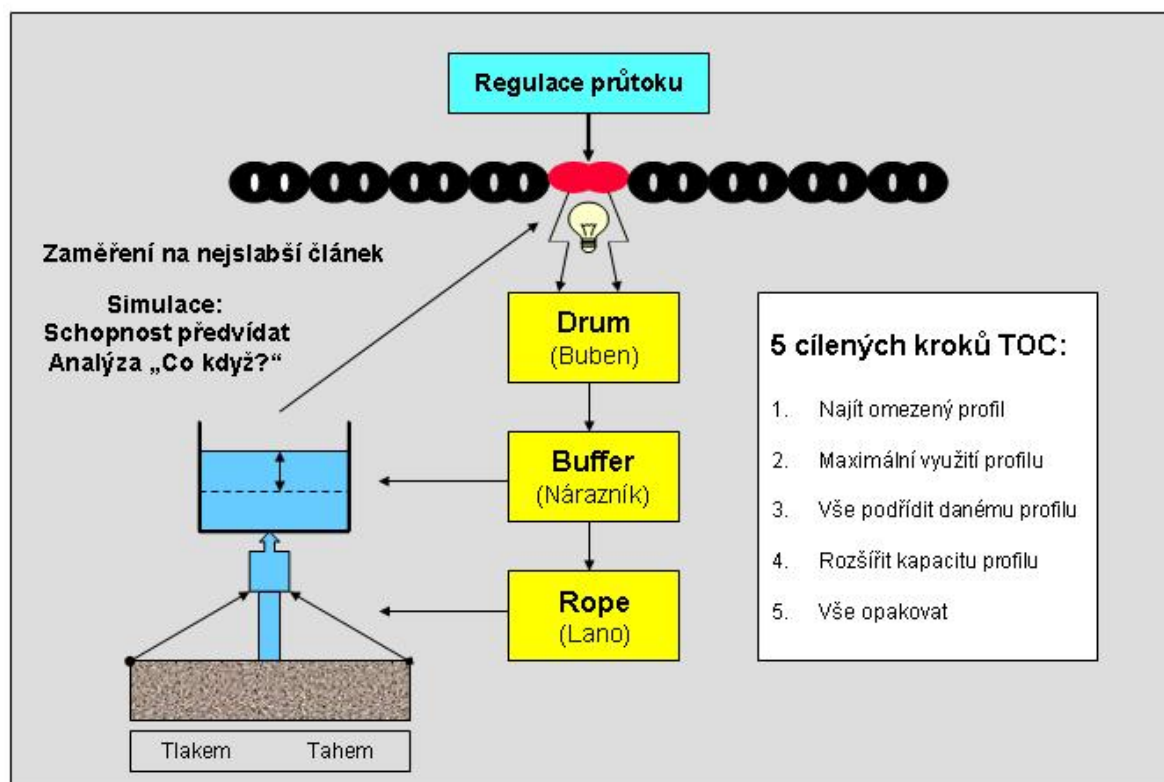
Na popud těchto změn začaly vznikat různé manažerské teorie, včetně Teorie omezení. Ta se zaměřuje na identifikaci úzkých míst a věnuje pozornost konfliktu mezi tradičním nákladovým managementem a skutečným cílem výrobního podniku. Cílem této teorie, který je společný s cílem jakéhokoliv podnikání, je maximalizace průtoku. V naplnění tohoto cíle, ale brání vždy nějaká omezení. Což může být jakýkoliv prvek nebo faktor, který nám zabraňuje v konečném důsledku vydělávat více peněz v současnosti

i budoucnosti. Teorie omezení byla všeobecně akceptována a aplikována na celou řadu podnikových problémů. <sup>2</sup>

V současnosti ji rozdělujeme na tři základní oblasti:

- logistickou,
- měření výkonu,
- metodologie řešení problémů.

## TOC – Teorie omezení



Obr. 1 – Teorie omezení <sup>8</sup>

Teorie omezení (Theory of Constraints) je manažerská teorie, kterou vytvořil v 70. letech minulého století izraelský fyzik Eliyahu Moshe Goldratt. Učinil tak z podnětu svého přítele, který ho požádal o pomoc ve svém podniku, ve kterém si přál zvýšit výkon. Při vzniku této teorie se Goldratt neopíral o žádné zavedené postupy z ekonomických a manažerských teorií, ale vycházel ze znalostí a principů, které nabyl při studiu fyziky. Tak vznikla úplně nová teorie, založená na logických zásadách a selském rozumu, která okamžitě zaznamenala výrazný úspěch. Problém byl však v tom, že některé firmy, které se pokoušely tuto teorii zavádět, nebyly spokojeny s efekty, které tato teorie měla. Důvod byl prostý, tyto firmy zkrátka nepochopily podstatu teorie omezení a proto se Goldratt rozhodl svou teorii blíže vysvětlit. Vznikla tak kniha „Cíl“ („The Goal“ 1984) napsaná formou románu, ve kterém je ukázán příběh z prostředí výrobního závodu. V tomto příběhu nacházejí manažeři základní principy Goldrattovy teorie. Díky této knize tak velké množství manažerů začalo ve svých firmách zavádět metody teorie omezení. Principy zaznamenané v této knize posloužily k vývoji softwarových řešení, která se rozšířila pod názvem „Optimalized Production Technology“.

Optimalized production technology je koncept výroby zaměřený na optimalizaci výrobních toků pomocí maximálního využívání kapacit úzkoprofilových pracovišť. OPT je založen na myšlence, že výkonnost výrobního systému jako celku závisí na úzkoprofilovém pracovišti, tj. úzkém místě. Na systém OPT je možno nahlížet ze tří pohledů:

- jako na novou filozofii řízení výroby,
- nástroj zlepšování organizace výroby,
- dokonalý software pro plánování výroby.

Za hlavní přínosy zavedení OPT je možné považovat zkrácení průběžných dob výroby a celkové zvýšení průchodnosti výrobního systému. Jádrem OPT jsou plánovací moduly a na rozdíl jiných systémů (MRP II) je plánování uskutečňováno ve dvou krocích. V prvním se zpracovává zpětný rozvrh, kdy se plánování zahajuje od posledních operací, postupuje se proti směru času a toku materiálu a pracuje se s předpokladem, že kapacity jsou neomezené. Cílem tohoto kroku je odhalení úzkých míst, nebo jinak řečeno identifikace kritických a nekritických výrobních zdrojů. V druhém kroku se plánuje činnost úzkých míst s ohledem na jejich maximálně možné využití. V tomto případě se používá metoda dopředeného rozvrhu, kdy se začíná první operací, postupuje se ve směru času

i toku materiálu a pracuje se s předpokladem, že výrobní kapacity jsou limitované. V závěru se plánuje vytížení nekritických pracovišť tak, aby bylo i v jejich případě dosaženo přijatelného vytížení jejich kapacit.<sup>3</sup>

Systém **drum-buffer-rope** je nejpoužívanějším, základním postupem při řešení zvýšení průtoku na úzkých místech. Tento koncept vychází z Teorie omezení. Úzké místo určuje rytmus výroby, přesněji řečeno, pokud alespoň jeden z dílů finálního výrobku prochází při výrobě úzkým místem, nemůžeme těchto finálních výrobků vyrobit více, než nám to nejužší místo dovoluje. Nemá tedy význam do výroby uvolňovat ani více, ani méně materiálu, než kolik může úzké místo pojmout. Této funkci úzkého místa se říká drum (buben). Úzké místo je tedy třeba využívat na sto procent. Každá minuta ztracená v úzkém místě systému je nenahraditelná a tak je třeba úzké místo ochránit vhodně dimenzovaným nárazníkem, tím je buffer. Ostatní pracoviště mají vyšší kapacitu a zvládají proud výrobků, i když se objeví nějaké překážky. Důležité je odhadnout na základě zkušeností, za jak dlouho se tok materiálu dostane k úzkému místu. Tato doba je určující pro uvolňování materiálu a této informační vazbě se říká rope (lano). To musí být, obrazně řečeno, tak dlouhé aby se ochranný nárazník před úzkým místem ani příliš neplnil, ani rychle nevyčerpal.

Buffer neboli zásobník může mít dvě podoby. Buď fyzickou podobu, kdy je před pracoviště, které je úzkým místem umístěno několik hotových výrobků nebo komponent z předcházejícího pracoviště. Nebo může být buffer ve formě časového zásobníku, pod čímž si můžeme představit rozdíl času mezi plánovaným a skutečným příchodem zakázky na úzké místo. V případě, že je tento čas záporný, úzké místo nemá na čem pracovat a je třeba tento čas prodloužit. V případě systému drum-buffer-rope jsou kombinovány dva základní přístupy k řízení výroby. Přístup push - tlak, kdy se na základě plánu výroby uvolňují materiály a díly do výroby. A přístup pull – tah, kde se impuls ke spuštění výroby nenachází na začátku, ale na konci výrobního procesu. Odtud se tento impuls šíří proti proudu toku výroby až k jeho zdrojům. Díky tomu se nevyrábí nic, co není nezbytně potřeba, klesají tím zásoby a zkracují se průběžné doby výroby.

Šíře uplatnění TOC je značná a zasahuje všechny důležité podnikové oblasti. Šíře jeho uplatnění může být však ještě širší. Nemusí se již jednat o výrobní sféru, ale i v osobním životě představují principy TOC výkonný nástroj osobního zlepšení, zaměřený na aktivní přístup při řešení problémů a nástroj pro vyřešení konfliktů způsobem win-win.<sup>6</sup>

### 1.3 Principy TOC

*„Řetězec je pouze tak silný, jak silný je jeho nejslabší článek.“<sup>7</sup>*

V dnešním dynamickém prostředí je chování a rozhodování v podnicích stále obtížnější, při hledání správného rozhodnutí hraje důležitou roli zvažování následků, jak krátkodobých tak dlouhodobých, na celkový výsledek podniku. Pohled a vnímání výkonnosti podniku se může lišit podle lokálních zájmů jednotlivých podnikových útvarů, nebo je možné najít rozdíly podle uspokojování osobní spokojenosti. Například, pracovníci výroby jsou motivováni k maximálnímu využívání výrobních zařízení, což může vést k zvyšování výrobních dávek, což se v konečném důsledku může projevit v prodlužování doby dodávek a ve snížené schopnosti obstát v konkurenci. Nebo například spokojený vlastník může spatřovat výkonnost podniku ve formě růstu ceny akcií podniku a zvyšujícím se podílu na trhu a nikoliv třeba ve snaze minimalizovat náklady a maximalizovat produkci.

Přes všechny tyto rozdílné pohledy na výkonnost, definuje teorie omezení jeden hlavní cíl dle hesla: „Hlavním cílem podniku podle teorie omezení je vydělávání peněz, a to nyní i v budoucnosti“. Neméně důležité je také to, že k dosažení tohoto cíle je třeba přistupovat jak z krátkodobého tak i dlouhodobého hlediska. Z krátkodobého hlediska by například bylo možné zlepšit finanční ukazatele prodejem majetku či propouštěním zaměstnanců, z pohledu dlouhodobého však může snížení počtu zaměstnanců způsobit nenahraditelné škody a následně v delším časovém horizontu nemusí být možné uspokojit všechny požadavky zákazníků. Správným krokem je tedy vybalancování těchto přístupů.<sup>5</sup>

Goldratt v rámci Teorie omezení zavedl tři důležité metriky (podrobněji popsané z pohledu dosahování cíle – vydělávání peněz):

- **Průtok** - na což lze pohlížet jako na peníze, které podnik obdrží za realizaci svých výrobků a služeb. Přesněji se jedná o peníze z prodeje, minus všechny variabilní náklady, tedy o prodejní cenu sníženou o cenu surovin (throughput).
- **Zásoby** - peníze vydané na nákup potřebných komponent. Jedná se o veškeré peníze vázané v podniku, peníze na zboží, které se kupuje za účelem prodeje (inventory).

- **Provozní náklady** – peníze vydané na vlastní transformaci zásob na prodejné produkty. Jinak řečeno, se jedná o peníze, potřebné k přetváření investic na průtok (operating expense).

Průtok se v rámci TOC vysvětluje ve dvou významech. Z pohledu podniku se jedná o absolutní hodnotu, která symbolizuje peněžní tok do podniku, získávaný prodejem produktů a služeb, snížený o variabilní náklady. Druhým možným pohledem označující průtok je to rychlost generování přírůstku hlavního cíle, tzn. míru generování výrobků a v konečném důsledku i peněz na jednotku času.

Podle teorie omezení existuje v každém podniku, procesu, či výrobním postupu úzké místo, které brání růstu výkonnosti, respektive nárůstu výrobní kapacity. V zásadě je tedy v každém podniku jedno nebo více základních omezení, které brání dosahování maximalizace průtoku. Příkladem může být omezení na toku produktů (výrobků, služeb nebo informací), které postupně procházejí při zpracování jednotlivými podnikovými odděleními. Pokud je omezení uvnitř podniku, bude vždy jedno oddělení pro tento tok z hlediska své disponibilní kapacity limitující. Důsledkem tohoto omezení je situace, že nebude možné dosáhnout vyššího průtoku produktů na výstupu z podniku.

Teorie omezení nabízí odlišná řešení ve složité podnikové realitě. Liší se od takzvaného Paretova principu, který doporučuje soustředit se na 20% hlavních činností, které na druhé straně přinášejí 80% efektu. Tento princip je sice také, jako teorie omezení, vhodný pro rozhodování ve složitém systému, nicméně se u něj předpokládá jistá opakovanost činností nebo jevů. Efektivnost využití Paretova principu se snižuje s klesající opakovností sledovaných jevů, což je stále typičtější průvodní jev dnešního podnikového prostředí. Teorie omezení sleduje tok produktu celým výrobním procesem a nachází omezení, které limitují průchodnost celého systému. Jednou ze základních myšlenek tedy je, že pokud se podaří zvýšit kapacitu omezení, zvýší se i průchodnost celého výrobního procesu a tak zprostředkovaně i celého podniku. Je třeba však brát v potaz, že stejně tak jak lze na omezení vydělat, lze i ztratit. Jelikož výpadek či přerušení práce přímo v omezení, se projeví jako zpoždění celého systému a tím pádem nižším průtokem výrobního procesu. Šetření času mimo úzké místo, to znamená v místě, které není omezením systému, nemá vliv na jeho průtok a stává se pouhou šetřící iluzí. <sup>5</sup>



Můžeme tedy stanovit několik základních principů, kterými se Teorie omezení řídí:

- výrobní tok nevyvažuje kapacity,
- stupeň užití jedné výkonné jednotky, která nepředstavuje úzké místo, nebude určován její vlastní schopností výkonu, ale pomocí jakési hranice v okolním systému.
- jedna hodina kapacity nebo průběžné doby výroby ztracená na jednom úzkém místě znamená ztrátu hodiny pro celý systém,
- jedna hodina získaná na stanovišti, které není úzkým místem, je bezvýznamná,
- úzká místa určují jak průtok, tak zásobu,
- když jsou plány sestaveny, musí být všechny předpoklady současně přezkoušeny, průběžné doby jsou výsledkem plánu a nemohou být předem určeny.

## **1.4 Metoda 5S, vizualizace a standardizace**

Vizuální management a standardizace jsou často opomíjenými a podceňovanými nástroji zlepšování procesů. Firmy by chtěly implementovat složité systémy, ale na ty nejjednodušší a nejzákladnější zapomínají. Přitom existuje jednoduché a poměrně elegantní řešení, důsledné zavedení a dodržování metody známé pod zkratkou 5S. Myšleno tím ale metodu 5S v jejím pravém smyslu. Je zkratkou pěti japonských slov: Seiri (vytřídí), Seiton (uspořádej), Seiso (čisti), Seiketsu (standardizuj), Shitsuke (udržuj) a jejím cílem je v podniku vytvořit a udržet čisté a organizované pracoviště. Metoda 5S určitě není o tom "uklidit si". V případě, že je takto chápána, není divu, že již při jejím vyslovení většina lidí propadá skepsi a pochybuje o jejím reálném přínosu. Tuto metodu je však třeba chápat mnohem hlouběji. Při její důsledné implementaci dokážeme odstranit základní formy plýtvání, definovat layout pracovišť, standardizovat výrobní proces, zvýšit kvalitu produkce, zkrátit čas pro zapracování nového zaměstnance, ušetřit plochu, zabránit hledání nástrojů a nářadí, zajistit pořádek a čistotu na pracovišti a v neposlední řadě zlepšit kulturu prostředí a vytvořit podmínky pro další zlepšování a optimalizace. Jedině, když máme jednoznačně a pro všechny pracovníky závazně a neměnně nastaven standard práce, teprve tehdy můžeme podnikat kroky pro další zefektivňování vykonávaných činností.

## 1.5 Maximální využití strojních zařízení (OEE)

Špičkové firmy mají efektivitu svých výrobních zařízení někde na úrovni 83 – 95 %. Co toto číslo znamená a jak co nejpřesněji zhodnotit využití strojního zařízení? V současnosti nejpoužívanější, z našeho pohledu i nejobjektivnější zhodnocení nabízí ukazatel OEE (Overall Equipment Effectiveness), v českém překladu CEZ (Celková efektivnost zařízení). Výhodou bezesporu je, že tento ukazatel zohledňuje jak celkový disponibilní čas strojního zařízení, tak jeho skutečnou rychlost a kvalitativní úroveň produkce.

- $CEZ = D * R * Q$ 
  - D - dostupnost
  - R - rychlost
  - Q - úroveň kvality

Manažer potom dostává informaci pouze ve formě jednoho čísla, které je dáno součinem dostupnosti, rychlosti a úrovně produkované kvality. Nemusí se tak prodírat spoustou excelovských tabulek, ve kterých by odděleně sledoval prostoje stroje, kvalitu produkce či procento zpožděných zakázek. Samotná znalost nebo sledování hodnoty efektivnosti strojního zařízení nám však ještě nic neřeší, cílem je hodnotu tohoto ukazatele neustále zvyšovat. Jak toho docílit? Je třeba nepřetržitě sledovat důvody prostojů či kvalitativních problémů. Tyto problémy, jejich příčiny a nápravná opatření pak použít v akčním programu zvyšování ukazatele CEZ, např. formou moderovaných workshopů. Obecně se však dá říci, že vždy narazíte na problémy související s poruchou zařízení či prostoji při přechodu na jiný typ výroby. Pomoci v tomto ohledu může implementace TPM (Total Productive Maintenance). V překladu totálně produktivní údržba. Metoda systematicky zaměřená na zvyšování efektivnosti zařízení formou nastavení komplexního systému údržby za účasti jak servisních pracovníků, tak vlastních operátorů.

### **Efektivita nebo efektivnost?**

Pojďme se nejprve podívat na pojmy „efektivita“ a „efektivnost“. Tyto pojmy se často zaměňují a i v rámci jednoho textu je autoři často střídají a používají coby synonyma. Jejich význam však není stejný. Efektivita (eficiency) představuje účinnost (obecně poměr mezi přínosem nějaké činnosti a náklady na ni vynaloženými), zatímco efektivnost

(effectiveness) představuje účelnost, smysluplnost (vztah mezi stanoveným cílem a následkem).

Tradiční pojetí TPM definuje OEE jako Overall Equipment Efficiency, tedy celkovou efektivitu zařízení. Novější pojetí však OEE vidí jako Overall Equipment Effectiveness, tedy celkovou efektivnost zařízení. V dalším textu budeme pod zkratkou OEE rozumět Overall Equipment Effectiveness.

### **Celková efektivnost zařízení**

Ukazatel Celkové efektivnosti zařízení (OEE) vytvořil v 60. letech Seiichi Nakajima ze společnosti Nippon Denso. Na konci 80. let se tato metodika dostává do povědomí díky rozšíření TPM. V polovině 90. let je pak aplikována v oblasti výroby polovodičových součástek za účelem zvýšení produktivity výrobních zařízení. Postupně metodiku přijala i ostatní odvětví průmyslové výroby.

Základní myšlenka metodiky spočívá ve vztahu:

$$OEE = \text{Užitečný čas zařízení} / \text{Disponibilní čas zařízení}$$

Uvádí se, že špičkové společnosti po úspěšné realizaci TPM dosahují OEE na úrovni 83%. Většina výrobních společností však dosahuje OEE na úrovni asi 60%. Je však nutné brát v potaz, jak a na základě jakých dat bylo toto číslo vypočítáno. Důležitou roli hraje kvalita a způsob sběru dat. Více viz kapitola Nástroje OEE.

### **Ztráty OEE**

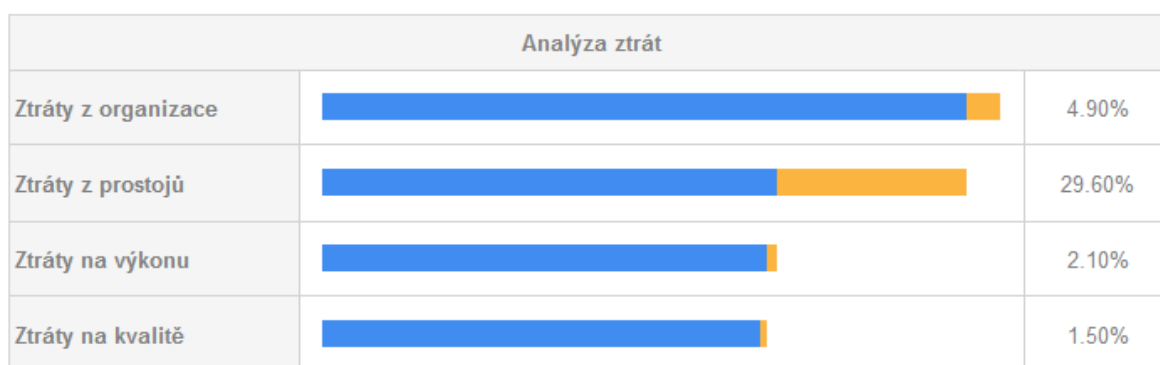
OEE je klíčovým nástrojem TPM (Total Productive Maintenance) sloužícím k redukci a eliminaci tzv. „6 velkých ztrát“ (The Six Big Losses), které omezují produkci.

Šest velkých ztrát je rozděleno do tří základních oblastí:

- Ztráty z prostojů
- Poruchy zařízení

- Seřizování a nastavování
- Ztráty na výkonu
- Nečinnosti a krátké přestávky
- Redukce rychlosti
- Ztráty na kvalitě
- Neshody a opravy
- Ztráty při rozběhu

Pokud do analýzy ztrát zahrneme i odvozený ukazatel TEEP, pak získáme ztráty dané organizací výroby. Tyto ztráty jsou způsobené odstávkami, na které není plánována výroba (jednosměnná či dvousměnná výroba, dovolené, svátky, ...).



Obr. 2 – Základní report z analýzy ztrát <sup>9</sup>

Analýzou ztrátových oblastí bychom měli být schopni identifikovat příčiny a zdroje ztrát. To nám umožní najít cesty ke zvýšení efektivnosti využití strojů a zařízení.

## Nástroje OEE

Důležitým aspektem pro výpočet ukazatelů OEE je sběr vstupních dat. Strategie sběru dat se může pohybovat od primitivních manuálních záznamů až po sofistikovaná automatizovaná řešení.

Manuální sběr dat je založen na papírových formulářích, do kterých obsluha výroby zapisuje události ovlivňující efektivitu výroby. Jedná se o zpětná hlášení z výroby (vyrobené kusy, neshodné kusy, ...), příčiny a délky trvání prostojů, důvody ztrát výkonu apod. Sofistikovaná řešení jsou pak založena na automatickém sběru těchto dat ze strojů, průběžné registraci obsluhy k prováděným činnostem, průběžném hlášení neshodné výroby a odchylkové výroby.

Rozdíl mezi manuálním a automatizovaným sběrem dat je především v následujících oblastech:

Kvalita dat – data získaná manuálně obsahují úmyslné i neúmyslné chyby a nepřesnosti (dané prvotním zápisem obsluhou výroby nebo opisem do nadřazeného systému), nezohledňují krátkodobé prostoje a jejich pořizování zatěžuje obsluhu výroby a další administrativní pracovníky.

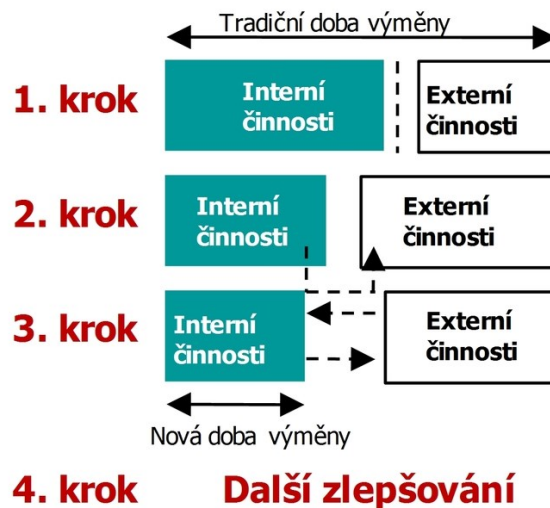
Dostupnost dat – data získaná manuálně nejsou dostupná v reálném čase. Jsou pořizována převážně na konci směny a do nadřazených systémů se díky manuálnímu zadávání dostávají s dalším zpožděním.

Automatické sběry dat (ze strojů či elektronické registrace obsluhy) eliminují vznik chyb a nepřesností a poskytují data v reálném čase. Vyhodnocení OEE tak může být pořizováno pro ukončenou i probíhající výrobu.<sup>9</sup>

## **1.6 SMED (Single Minute Exchange of Die)**

Snížit čas mezi dokončením posledního kusu stávajícího typu produkce a vyrobením prvního kusu produkce následné, tedy čas přetypování, pomáhá metoda SMED (Single Minute Exchange of Dies). Tato metoda je založena na snaze zkrátit čas interní přestavby (čas, kdy je stroj vypnutý) na co nejnížší hodnotu za pomoci předem definovaného systematického postupu. Celý postup je založen na videoanalýze celého postupu přestavby zařízení, následuje detailní analýza jednotlivých prováděných činností a rozdělení na činnosti interní (doba, po kterou zařízení nepracuje) a externí (doba, po kterou je zařízení v činnosti). Cílem dalších kroků je převedení interních činností na činnosti externí a následné zkrácení jejich doby trvání, a to jak na základě technických, tak organizačních opatření. Na závěr je potom navržen nový jednotný postup přestavby, tzv. Jízdní řád.

SMED je zkratkou z anglického sousloví Single Minute Exchange of Dies, což v doslovném překladu znamená minutová výměna zápusťky. V užším smyslu se jedná o provedení změny během jednociferné doby v minutách<sup>0</sup> (méně než 10 minut). SMED je systematickým procesem sloužícím pro minimalizaci prostojů mezi výrobou dvou rozdílných výrobků na stejném stroji. Tudiž se tato metoda nemusí použít pouze na výměnu zápusťky například na lisu, ale může být použita i na přenastavení výrobní linky na výrobu jiného výrobku nebo na zrychlení nastavení obráběcího stroje. Proto je tato metoda často označována jako metoda změn. Metoda SMED patří do oblasti kontinuálního toku materiálu, eliminace plýtvání a synchronizace taktů jednotlivých pracovišť.




Obr. 3 – Zaměření metody SMED <sup>10</sup>

### Popis principu a fungování metody

Celá tato metoda vychází z pozorování a analyzování výrobní linky při přetypování. Radikální snížení časů přetypování z několika hodin na několik minut je dosahováno díky změně organizace práce při přetypování, standardizací postupu práce při přetypování, tréninkem týmu, který provádí přetypování, použitím speciálních (jednouúčelových) zařízení ulehčujících/urychlujících přetypování, upravením konstrukce přetypovávaného zařízení, zápustky, linky atd.

Při přetypování výroby jsou prováděny dva druhy činností. První z těchto činností jsou nazývány Interní a jsou to činnosti prováděné ve chvíli, kdy stroj stojí (je v klidu). Druhé z činností jsou nazývány Externí a jsou opakem interních - jsou činnostmi prováděnými za chodu stroje. Metoda SMED funguje tak, že se pokud možno všechny interní činnosti převedou na externí. Tudiž se budou pokud možno všechny činnosti provádět za chodu stroje. Z interních činností jsou hlavními zástupci:

- čas hledání (přípravků, nářadí, měřidel..)
- čas čekání (na manipulátory, pracovníky..)
- čas chůze (při upevňování nových zápustek, materiálu,...)
- čas nastavení (nástrojů, měřidel,...)

Standard přetypování stroje			
Pracoviště: MCV 120 30		Výrobek: 1.300 5 015153 2	Operace: 30 0516
			
P.č.	Činnost pracovníka	Doba trvání (min)	Činnost Int./Ext.
1.	Přehrání programu do stroje	1:35	externí
2.	Stahování programu	3:25	externí
3.	Upravení programu dle parametrů stroje	2:35	externí
4.	Přichystání a studium dokumentace a seřizovacího listu	0:55	externí
5.	Výměna skličidla	1:40	interní
6.	Nastavení programu dle seřizovacího listu	5:31	interní
7.	Příprava nástrojů	15:56	externí
8.	Upínání nástrojů	7:22	interní
9.	Přesné měření	7:30	interní
10.	Najetí nulového bodu	3:37	interní
11.	Založení a výroba 1. kusu	27:00	interní
12.	Kontrola 1. kusu	9:24	interní
Datum:		Vypracoval:	Schválil: Číslo: 1/2008

Obr. 4 – Analýza přetypování stroje <sup>11</sup>

## Oblast implementace

Čas seřizování (čas přestavby/přetypování) je čas potřebný od ukončení výroby posledního kusu na odstranění starého nářadí a přípravků, nastavení nového nářadí, nastavení a doladění parametrů procesů, zkušební běhy, až po výrobu prvního dobrého kusu. Téměř každý proces změny je jedinečný, ale obecně je uváděno, že se skládá z těchto kroků:

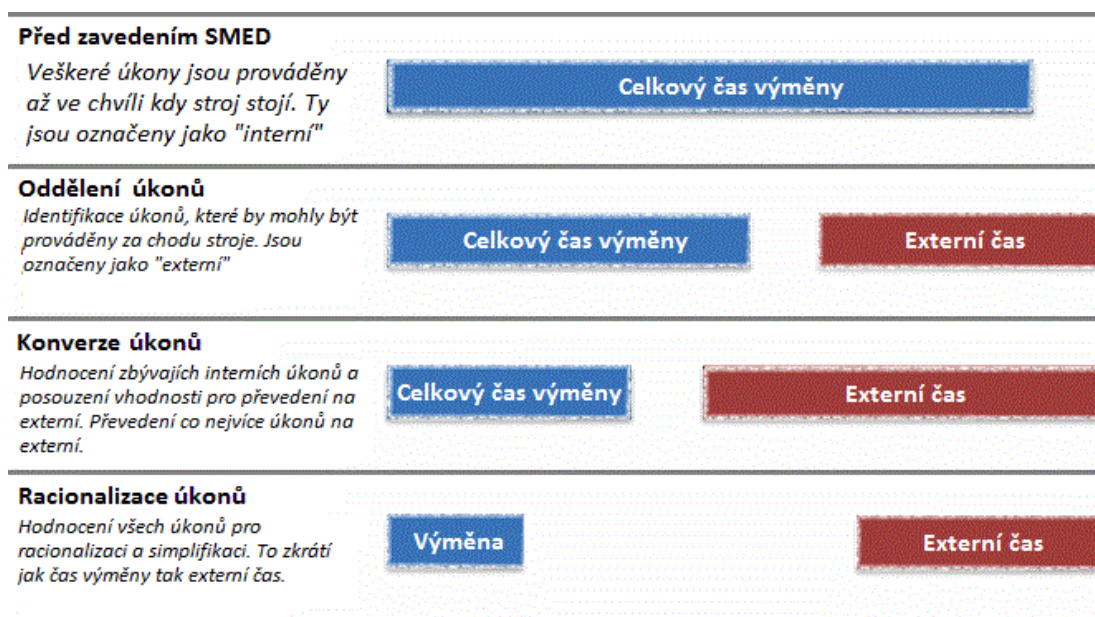
- příprava a kontrola nástrojů a materiálu (30 % času)
- montáž a výměna nástrojů a přípravků (5 % času)
- vlastní seřízení rozměrů a polohy nástrojů (15 % času)
- odzkoušení a následné úpravy (50 % času)



Metodu SMED lze aplikovat tam, kde dochází k opakované výrobě určitého omezeného množství výrobků. To buď na výrobní lince, nebo stroji. Dále je vyžadováno to, aby probíhala daná výměna nástrojů, nebo přestavba při přetypování výroby. Jednou ze specifických vlastností metody SMED je také vytvoření samostatného týmu, který se zabývá právě a pouze změnami (přetypováváním). Sehraný tým lidí specializujících se na tuto činnost a pracujících jako jeden celek vytváří velké úspory času (jako tým mechaniků v boxech formule 1). SMED je metodou vhodnou pro sériovou výrobu.

### Přínosy a cíle za zavedení metod

Zavedení metody SMED má několik zásadních přínosů (efektů). Přínosem je jednoznačně zlevnění výroby (z dlouhodobého hlediska) a zároveň se zvýší flexibilita výrobní linky, stroje nebo zařízení. Tato metoda také snižuje potřebu dalších výrobních zařízení, snižuje mzdové náklady a náklady na výrobní dávku, umožňuje snížení zásob kvůli vyšší flexibilitě a zvyšuje stabilitu procesu. Tyto všechny přínosy jsou také hlavními důvody zavádění metody SMED. Cílem zavedení metody SMED je zkrácení časů přetypování výroby na stroji, lince nebo systému. V některých zdrojích se uvádí, že lze díky této metodě uspořit až 94% času přetypování. Zakladatel této metody, díky ní, dokázal zkrátit přetypování z 90 minut na 5 minut. Jak již bylo uvedeno tato metoda SMED snižuje náklady na výrobní dávku, to je vidět například na níže uvedeném obrázku.



Obr. 5 – Analýza externích a interních časů <sup>11</sup>

## **Předpoklady pro zavedení metody**

Před samotnou snahou o implementaci této metody je zapotřebí minimálně dvoutýdenní sledování výroby, její mapování a analyzování. Pouze pokud přetypování vytváří velmi výrazné ztráty produktivity (např. přinejmenším 20%) pak teprve je vhodné se zaměřit právě na SMED. Pokud přetypování výroby nesnižuje produktivitu o 20%, pak je vhodné se nejprve zaměřit na TPM (Total Productive Maintenance).

Pokud přetypování vytváří signifikantní snižování produktivity, pak se musí pro zavádění metody SMED procesy přetypování s dostatečně dlouhou dobou přetypování (ne příliš krátké a ne příliš dlouhé - například přetypování trvající 1 hodinu je dobré místo pro zavedení). Také je vhodné, aby dané přetypování probíhalo alespoň jednou týdně, aby bylo zjištěno, zda dochází k úsporám a také pro trénink SMED týmu. Jako vždy je i zde klíčová motivace lidí, jejich schopnosti a predispozice k vykonávání práce ve SMED týmu. Prvotní zavádění SMED by mělo být prováděno pro procesy, u kterých je přetypování úzkým místem (pokud je problém ve výrobní technologii, tak úspora v přetypování nevytváří hodnotu).<sup>11</sup>

## **2 ANALÝZA SOUČASNÉHO STAVU**







V první části této kapitoly je přehled historie podniku Česká Zbrojovka a.s. Následně je v kapitole obsažena prvotní analýza výrobního procesu, následný přehled nástrojů, které jsou používány pro analyzování disponibilních kapacit u strategických strojů a odhalení tak možných úzkých míst v procesu.

### **2.1 HISTORIE CZUB**

O výstavbě zbrojního závodu v Uherském Brodě bylo rozhodnuto v polovině roku 1936. Po jednáních ministerstva národní obrany se zbrojařskými koncerny rozhodla Nejvyšší rada obrany státu o přemísťování průmyslu důležitého pro obranu státu daleko do vnitrozemí. Při složitých jednáních o přemísťování důležitých vojenských programů se také jednalo o České zbrojovce ve Strakonici, kde se vyráběl letecký kulomet vzor LK 30, raketová pistole, armádní pistole a další programy.

Uherskobrodská městská rada schvaluje dne 22. července 1936 stavbu nového závodu s podmínkami podle uzavřené kupní smlouvy pozemků mezi městem Uherský Brod a Českou zbrojovkou Strakonice. Dne 28. července 1936 je proveden první výkop a tím zahájena výstavba nového závodu v Uherském Brodě. Česká zbrojovka ve Strakonici, od 1. července 1936 nakupuje stroje a zařízení domácí i zahraniční výroby pro nový závod v Uherském Brodě. A tak můžeme konstatovat, že nový závod pro dva tisíce zaměstnanců byl skutečně postaven a uveden do provozu za 16 týdnů, tedy od 28. července do 28. listopadu 1936.

Tab. 1 – Historie CZUB

	<p>27. 6. 1936 - založení České zbrojovky v Uherském Brodě jako pobočný závod České zbrojovky a. s. Strakonice</p>
	<p>1. 1. 1950 - založeno Přesné strojírenství, národní podnik, Uherský Brod, jako organizační součást generálního ředitelství Přesné strojírenství v Praze</p>
	<p>1. 4. 1958 - podnik organizačně začleněn pod Závody říjnové revoluce, národní podnik Vsetín, závod 05 Uherský Brod</p>
	<p>1. 7. 1965 - podnik začleněn pod generální ředitelství VHJ Zbrojovka Brno pod názvem Přesné strojírenství, národní podnik, Uherský Brod</p>
	<p>1. 5. 1992 - založena Česká zbrojovka, akciová společnost, Uherský Brod</p>
	<p>1. 5. 1992 - založena Česká zbrojovka, akciová společnost, Uherský Brod</p>

Pro praktickou část této diplomové práce byl vybrán projekt, který řešil eliminaci úzkého místa na strategických strojích, ve výrobní firmě Česká Zbrojovka, a.s. Níže je uveden jeden ze 4 strojů STAMA 331. Tyto 4 stroje, byly po analýze vyhodnoceny jako úzké místo v procesu výroby.

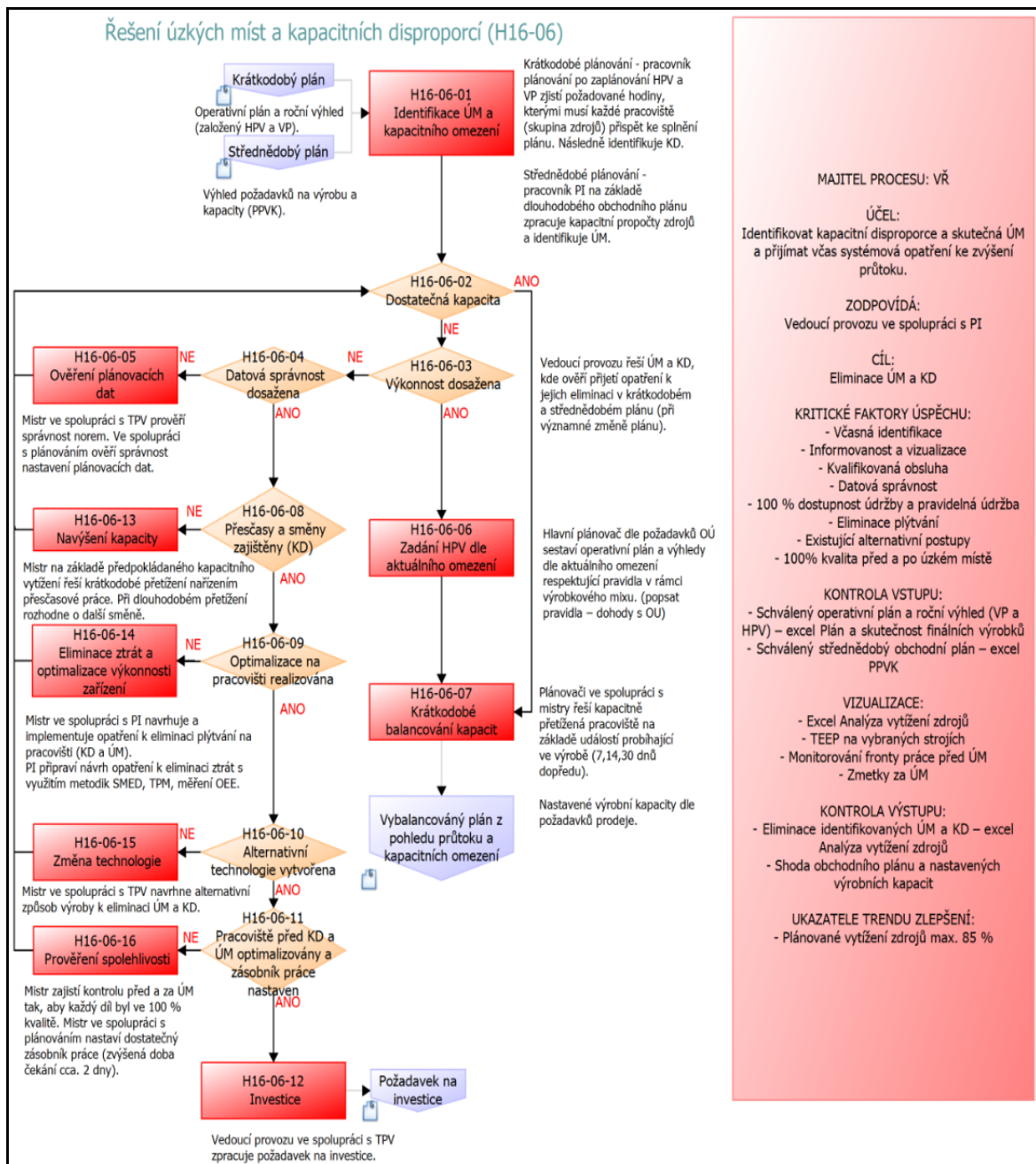


Obr. 6 – STAMA 331

Po uvedení několika novinek na trh a především prosazení se na trhu v USA se v minulém roce zvýšila poptávka po krátkých palných zbraních neboli pistolích. Do obliby se dostaly tzv. plastové pistole, kde závěr a vnitřní soustrojí je obráběné z oceli, ovšem rám pistole je tvořen polymerem, tak i kovové, kde je celá pistole z oceli. Právě díky navýšení poptávky kovových pistolí se ve výrobním procesu vyskytly úzké místa, které bylo zapotřebí řešit. Jedna z cest byla možnost inovací, tedy investic a nákupu nových technologií, které by byly pořizovány hlavně kvůli novým výrobkům, ale samozřejmě i pro velké série. Další cestou bylo to, že se využijí stávající technologie a stroje. Jelikož bylo potřeba uspokojit poptávku okamžitě a tím pádem i představení společnosti v dobrém světle, vznikly projekty, které obsahovaly v prvotní fázi **Eliminovat úzké místa**, která se díky

zaplánovaným požadavkům vyskytla ve výrobním procesu a souvisí s výrobou pistolových ráků. Za druhé, navýšit produkci výroby, tak aby byla poptávka po těchto pistolích co nejvíce uspokojena. Aby došlo k pokrytí všech požadavků, bylo proto zapotřebí zvýšit produkci na současných technologiích o cca 20% oproti současné produkci. Jako jeden z hlavních kritérií se muselo brát v potaz to, že stroje již nyní vyrábí v nepřetržitém provozu (24h/7dní), proto zvýšení směnnosti v tomto případě nebylo řešením. Zásadní věcí, z které se muselo vycházet a co hrálo hlavní roli, bylo to, že se jednalo o CNC stroje, které byly vyrobeny na počátku nového tisíciletí, tedy rok výroby 2000 a do provozu byly uvedeny na začátku roku 2001, a jejich technický stav tedy nebyl v dnešní době a při nepřetržitém provozu na 100%. Druhá varianta, tedy navýšení výroby na stávajících strojních zařízeních byla mnohem náročnější, než pouhá realizace možných nových investic.

V oblasti přesného strojírenství vyrábí firma zbraně, a to jak na zakázku, tak na sklad. Vývoj na zakázku se týká např. zbraní speciálně upravovaných zlcením a jinými technologickými prvky. Tyto zakázky po zpracování technologie jsou klasicky přidány do výrobních zakázek a je s nimi procesně nakládáno jako se standardní zbrojařskou výrobou. Dále firma přijímá kooperační zakázky na opracování nebo zušlechťení materiálu (například kalení). Zde je kladen důraz na kalkulaci dané služby pro externí zákazníky. Pro automobilový průmysl vyrábí hliníkové součástky do brzd. Nasazením APS plánování Česká zbrojovka získala přehled o kapacitním využití linek a predikci výchozího materiálu. V případě sériové výroby je výroba tažena prognózami vytvořenými společně obchodem a logistikou. Prognózy jsou pokrývány hlavními plány výroby, ze které jsou uvolňovány výrobní příkazy. Všechny typy požadavků a dodávek jsou denně zpracovávány a aktualizovány APS plánem. Důraz je kladen na to, aby výchozí materiály a vyráběné díly byly k dispozici výrobě ve správný čas metodou JIT (Just In Time). Rovněž je kladen důraz na přesné dílenské rozvrhy prací.



Obr. 7 – Řešení úzkých míst a kapacitních disproporcí

Díky plánovacímu systému, který analyzuje veškeré zaplánované požadavky do předem nastavených kapacit jednotlivých zdrojů, si můžeme za pomoci nástroje, který je ve společnosti používán, vyfiltrovat, zda zaplánované požadavky přes jednotlivé zdroje průchozí, nebo se vyskytne nějaké omezení.



nazev	p365	p18	p12	p30	p14	p7
STAMA 331	102,2%	99,8%	99,9%	99,4%	102,5%	100,0%
OC-ŠV - Y_všechny stroje	66,6%	80,7%	71,4%	92,3%	91,2%	93,5%
OC-ŠV - X_všechny stroje	86,1%	74,6%	73,6%	89,6%	94,2%	91,7%
Chiron 4 + 5	75,6%	73,8%	64,4%	86,8%	77,4%	54,2%
OC- VOC	81,4%	70,1%	66,2%	75,6%	85,1%	76,4%
OC-STAMA 526-STANGE	82,9%	68,9%	61,3%	61,0%	93,3%	90,5%
Chiron 2 + 3	88,4%	57,8%	63,7%	58,8%	85,0%	85,0%

Obr. 8 – Analýza využití jednotlivých zdrojů

Díky tomuto nástroji dokážeme ihned identifikovat různé anomálie, popřípadě, zda je některá skupina zdrojů přetížená, přesněji řečeno úzkým místem v procesu. Po analýze jednotlivých zdrojů a identifikaci možného úzkého místa, tak jako je uvedeno v obr. 8 u skupin zdrojů STAMA 331, můžeme následně rozklíčovat přímo navazované položky na tento zdroj. Můžeme tedy ihned určit, zda se jedná pouze o možné pochybení při skládání budoucích plánů, nebo se opravdu jedná o kapacitní omezení. Pro tento rozbor nám slouží další nástroj, **Vytížení pracoviště díly**, pomocí které dokážeme zjistit, které všechny vyráběné díly jsou díky technologii fixovány na tyto zdroje, v jakém objemu jsou plánovány normohodiny a kolik nám tak zabírají jednotlivé provedení z disponibilních kapacit.

Vytížení pracoviště díly (sHod)		3120S-35253A-SZ-01 - 3120-STAMA 331/S, Alt 000							
Měsíční vytížení v %		98%	115%	105%	100%	92%	130%	117%	77%
díl	nazev	2017	2017	2017	2017	2017	2017	2017	2017
		1	2	3	4	5	6	7	8
<b>DISPONIBILNÍ KAPACITA</b>		2 864	2 672	2 960	1 034	2 960	2 864	1 236	2 960
0420-0047-0703	RAM-UNIVERZAL	487	399	550	124	270	560	315	252
0430-0047-01V2	RAM COMPACT	160	80	241	137	672	314	387	548
0430-0040-0701	RAM UNIVERZALNI COMP.	393	319	309	187	257	187		109
0420-0041-06V1	RAM NEREZ	30	253	119		287	288		280
0470-0040-1606	RAM	156	156	156	87	165	167		79
0420-0047-23	RAM				253	367	432	61	134
0640-0040-02	RAM					20	300		217
0640-0040-03	RAM					20	109	22	72
0640-0040-03	RAM					301			
0420-0047-16	RAM				150	67	406	80	

Obr. 9 – Výhled požadavků v jednotlivých měsících



Souběžně při analyzování vytížení zdrojů, bylo nezbytně nutné i ověření reálného množství vyrobených kusů za 24 hodin. Toto ověření probíhalo pomocí norem, které jsou pevnou součástí každého výrobku v podniku, ale také za pomoci DNC sítě. Nástroj DNC sítě je v rámci sledování a ověření správnosti nastavených norem nejefektivnější nástroj. Díky tomuto nástroji dokážeme sledovat správnost norem, ale především využití disponibilních kapacit strojů.

Tab. 2 - Přehled maximálního množství výroby dílu u jednotlivých provedení před optimalizací

<b>Provedení pistolových rámců</b>	<b>Počet vyráběných ks/den před optimalizací</b>
<b>0420-0047-XX</b>	<b>32 ks</b>
<b>0420-0047-0703</b>	<b>24 ks</b>
<b>0420-0041-XX Nerez rám</b>	<b>24 ks</b>
<b>0430-0040-XXXX Al rám</b>	<b>40 ks</b>
<b>0640-0040-XX Al rám</b>	<b>36 ks</b>
<b>0460-0040-XX</b>	<b>36 ks</b>
<b>0470-0040-XX</b>	<b>36 ks</b>

### 3 IDENTIFIKACE ÚZKÝCH MÍST

Po prvotních analýzách disponibilních kapacit navazuje kapitola, v které jsou popsány jednotlivé kroky, které byly podniknuty pro odstranění vzniklého úzkého místa a zefektivnění samotné výroby, dle požadavků.

Po důkladné analýze ve spolupráci s nástroji pro odhalení možných úzkých míst, bylo nutné vymyslet pro všechny díly, které nebyly v souladu se strategií a z pohledu zabírání kapacit, které byly potřebné pro výrobu kovových pistolových rámců, možnost alternativní výroby na dalších strojích. Díly, které se neztotožňují se strategií, tedy drobné díly, které mají minimální přidanou hodnotu a jejich know-how, není nikterak zásadní, byly vymístěny do kooperací. Jednalo se o kooperace výrobní, tedy převzetí technologie, u vysokoobrátkových dílů se vyvinula nová technologie, MIM. Díly, které jsou v souznění se strategií, jedná se o hlavní díly, nebo strategické se v rámci vytvoření variantních položek přesunuly na podobné strojní zařízení.

Po „očistění“ dat, tedy po vymístění všech „nechtěných“ výrobků a to jak do externích kooperací, nebo v rámci provozu na přesun na variantní stroje, jsme si skutečně mohli říci, zda se jedná o úzké místo, nebo zda se požadované počty zvládnou. Dle již uvedené sestavy, **Kapacitních propočetů plánování** se skutečně jednalo o úzké místo ve výrobním procesu a zadané finály pro montáž, které byly zaplánovány se ocitly v možném ohrožení a jejich zpoždění v rámci dodávek smluvených zakázek.

nazev	p365	p18	p12	p30	p14	p7
STAMA 331	102,2%	99,8%	99,9%	99,4%	102,5%	100,0%

Obr. 10 – Kapacitní výhledy strojů STAMA 331

Mezi první kroky, které bylo nutné podniknout před jakoukoliv optimalizací, či sledování a vyhodnocování OEE, byla potřeba seznámit všechny předáky směny a pracovníky pracující na těchto úzkých místech o vzniklé situaci a nastavení pravidel pro práci na tomto pracovišti. Pravidla, která jsou uvedena níže, vzešla z pravidelného ranního Shop Floor Managementu, tedy dílenského řízení. Na tomto každodenním meetingu, kterého se účastní mistr výroby, mistr údržby, inspektor kvality, předák směny a předem určení pracovníci se za pomoci brainstormingu stanovila jasná pravidla, kterými se bude každý pracovník řídit.

Pod sepsanými pravidly se dále nachází červený trojúhelník, který dle interního pravidla firmy značí úzké místo. Je tedy ihned zřetelné a viditelné, že na takto označeném stroji je kapacitní omezení a musí se tomuto stroji stanovit priorita č. 1.

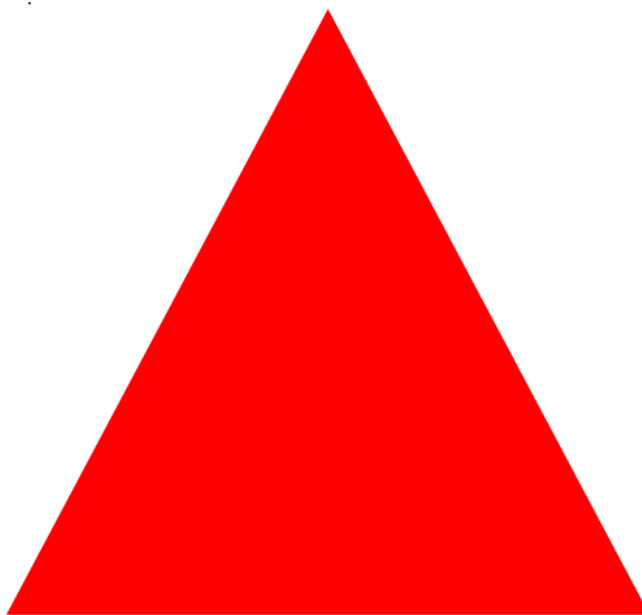
### **PŘETÍŽENÍ KAPACIT STROJŮ STAMA 331 – PISTOLOVÉ RÁMY**

nazev	p365	p18	p12	p30	p14	p7
STAMA 331	102,2%	99,8%	99,9%	99,4%	102,5%	100,0%

Z důvodu vzniku úzkého místa (přetížení kapacit strojů) a možnosti ohrožení finálních zakázek na montáži z pohledu nesplnění naplánovaných termínů

#### **Platí tato opatření:**

- 1) **Stroje musí bezpodmínečně vyrábět** – při přestávkách na oběd, požádat kolegu k zastoupení a pohlídání strojů, tak aby nedošlo k nečinnosti stroje
- 2) **Dodržovat základní pravidla a standardy Autonomní údržby** – snažíme se předcházet poruchám strojů
- 3) **V případě poruchy okamžitě zaslat požadavek na interní údržbu** – stroje mají na provozu prioritu č. 1
- 4) **Při výskytu abnormality kontaktovat seřizovače, případně mistra** – eskalační proces



### **3.1 Interní údržba**

Jak již bylo řečeno, navýšení produkce mělo probíhat na strojích, kde stáří dosahovalo více jak 10 let, tak aby mohlo dojít k optimalizaci, musel být v první řadě prověřen technický stav strojů od interní údržby. Poté co proběhly preventivní prohlídky strojů a mírné opravy a úpravy, jsme dostali odsouhlasení od údržby, že stroje vydrží požadované navýšení. Poté jsme mohli přikročit k dalším krokům.

V předloňském roce se společnost Česká zbrojovka rozhodla převést outsourcing údržby svého strojního vybavení na interní servis. Důvodem pro změnu byla jednak snaha o zlepšení plánovaných oprav vybavení, dále lepší kontrola nad náklady a propojení odstávek s plánováním a řízením výroby v SyteLine. K tomuto účelu byl vybrán modul Plant Maintenance pro SyteLine, který byl uveden do živého provozu na počátku února 2014. Výhodou modulu Plant Maintenance je plná integrace do SyteLine a jeho APS modulu, lze využít workflow a reportingový systém Workbench.

Systém údržby funguje ve dvou rovinách – plánované a neplánované údržby. Plánované odstávky vybavení jsou automaticky přeneseny do plánovacího systému APS v SyteLine a lze tak s nimi dopředu počítat v disponibilních kapacitách. U incidentů jsou odstávky také přenášeny do APS, ale vzhledem k povaze ovlivňují především krátkodobý (denní) rozvrh práce. V obou případech je využíván terminálový sběr dat pro vykazování práce údržby. TSD je použito také pro nahlášení poruchy, což je rychlejší než klasický telefon a pochopitelně spolehlivost takové evidence je mnohem lepší.

Vyhodnocení údržby se provádí v modulu Workbench. Sleduje se průběžná doba od nahlášení události, do zpracování události v systému, do okamžiku zahájení práce a do okamžiku ukončení práce. Dále se vyhodnocují náklady a to střediskově, pochopitelně až na úroveň jednotlivých strojů.

Mezi okamžité přínosy patří zvýšení rychlosti a zlepšení evidence poruch a to díky jejich hlášení přes TSD. U neočekávaných incidentů jde o zlepšení informovanosti a rychlost reakce. Dlouhodobým přínosem plánované údržby by mělo být méně neočekávaných poruch, což znamená menší nabourávání rozvrhu výroby a tím i zvýšení průtoku, resp. lepší využití dostupných kapacit. Již nyní se hovoří o dalším rozvoji a využití nového

modulu, například o možnosti automatického hlášení poruchy strojem prostřednictvím DNC sítě a hlášení incidentů na mobilní telefon údržbáře.

Po zavedení modulu Plant Maintenance je nyní možno evidovat nejrůznější poruchy na definovaných strojích. Tento nástroj je dále uchopitelný z pohledu prediktivní údržby s tím cílem, aby bylo možno předcházet opakovaným poruchám, popřípadě v rámci zavedení Autonomní údržby přiřadit úkon pro provedení dané obsluhy ve stanovených periodách. Pokud se jedná o náročnější úkoly, následuje stanovení akčního plánu s určenými termíny a zodpovědným řešitelem, vše v rámci metodiky PDCA.

StrojPopis	DatÚdržby	PopisPoruchy	DatTrans
Centrum obráběcí Stama KMM 331/2	5.2.2018 10:00		5.2.2018
	5.2.2018 6:45		5.2.2018
	5.2.2018 5:45		5.2.2018
Centrum obráběcí Stama KMM 331/3	9.2.2018 14:31	LASSER PORUCHA	9.2.2018
	7.2.2018 20:58	LASER NENI PRIPRAVEN	7.2.2018

Obr. 11 – Evidence hlášených událostí na strojích STAMA

### 3.2 Zvýšení produkce o 20%

Z důvodu nemožnosti přeplánování finálních zakázek, či dokonce snížení plánu výroby do kapacit požadavků provozu, vzešel jako hlavní cíl pro eliminaci úzkého místa zvýšení produktivity na výroby pistolových rámců. Tak, aby došlo k postupnému snížení přetížených kapacit u strategických strojů STAMA, byl nastaven minimální limit 4 000 ks pistolových rámců za měsíc. Z důvodu rozsáhlého sortimentu nebylo možno nastavit pravidelné plánování tak, aby se vyrábělo v taktu linky, bylo tedy pouze nastaveno minimální počet rámců, který se bude měsíčně vyrábět. Jelikož se v dnešní době vyvíjení nejen stroje, ale především i nástroje, tak aby bylo obrábění co nejrychlejší a nejefektivnější, začala spolupráce s externími dodavatelskými firmami, které byly již ve společnosti zavedeny a měli tak zkušenosti s některými obráběnými díly. Jako první krok, proběhlo vytipování nástrojů, u kterých byl největší potenciál ve zlepšení reálných podmínek, jelikož jejich časová délka v řezu byla největší. Tento výběr nástrojů proběhl od programátorů a seřizovačů CNC strojů, kteří měli s tímto způsobem obrábění největší zkušenosti. Nejdříve byly vytipovány nástroje speciální, tedy nástroje, které nejsou standardně vyráběny a dodávány, ale je zapotřebí jejich speciální konstrukce, následně

vývoj a poté budou vyráběny pouze pro tuto specifickou výrobu. Po několika zkouškách a verzích prototypů, se dospělo k vybrání správných nástrojů, mohlo dojít k navýšení řezných rychlostí a tím pádem i ke zkrácení délky cyklů u jednotlivých provedení pistolových ráků. Nejenže se díky správné konstrukci nástrojů zvýšily řezné podmínky, ale došlo také k zvýšení životnosti jednotlivých nástrojů, tím pádem i snížení nákladů na spotřebu nástrojů.

Při spolupráci s externími dodavateli nástrojů se nikdy nejedná pouze o doplňování nástrojů do toolboxů, neboli boxů pro nástroje, ale i další služby spjaté s nástroji. Nejedná se pouze o neustálé vyvíjení aktivit pomocí optimalizace, tedy zkoušení a vymýšlení nových variant nástrojů, ale především péčí o nástroje po jejich zatupení. Po zkušenostech s interní nástrojárnou, tak i různých externích dodavatelů, byla předána správa nástrojů pouze jednomu dodavateli, který se dokázal maximálně přiblížit s životností ostřeného nástroje novému. V tomto případě se ovšem nejednalo pouze o ostření, jednalo se o kompletní správu nářadí, toolmanagement, kdy dodavatel elektronicky eviduje počet přijatých a vydaných nástrojů. Spravuje přehledy spotřeby nástrojů, v případě zvýšených lomů na produktu, okamžitá reakce s nápravnými opatřeními.

V týmu, který byl zapojen do aktivit spojených se zkracováním obráběcích časů, byli zapojeni i konstruktéři a technologové pro krátké palné zbraně. S nimi bylo komunikováno na základě prověření technologie odlévání pistolových ráků. U vytipovaných rozměrů, kde nebyla tolerance tak přísná a dovoľovala nám to technologie odlévání, proběhly zkoušky odlévání rozměrů na hotovo. To pro nás znamenalo to, že tyto rozměry se nemusely ve stroji následně obrábět a tím došlo ke krácení času obrábění. Největší přínos byl u předlitého rozměru načisto, kde narážel a zastavoval se pistolový závěr. Při obrábění tohoto rozměru docházelo k problémům s životností nástrojů a kvalitou obrobeného povrchu. Docházelo tedy k velkým ztrátám výkonu stroje nejen z důvodu obrábění této plochy, ale především z nutnosti výměn nástrojů. Díky této úpravě odlitku došlo k úspoře 3 min z obráběcího cyklu.

### 3.3 Uspořádání pracoviště 5S

5S je termín používaný v managementu a v principech štihlého řízení. Je používán jako označení pro 5 základních pravidel, kterými by se měla řídit organizace usilující o zavedení štihlé, přehledné a čisté výroby. Původ hesel je japonský.

Za pomoci této metodiky, bylo pracovní prostředí u těchto strojů uspořádáno pro co nejefektivnější práci jednotlivým pracovníkům. Jako nejpodstatnější bylo předávání informací pracovníkům, proto bylo na stroji vyhrazeno místo pro informace pracovníkům. Jednalo se především o informace typu, jaký test nástrojů zrovna probíhá na stroji, které provedení pistolového rámu se bude následně vyrábět, tak aby mohli pracovníci již předchystat potřebné nástroje, popřípadě upínače pro tuto výrobu. Pro ověření dodržování nastavených standardů, probíhají každý měsíc pravidelné audity na standardy 5S. Tyto audity provádí každý mistr svého svěřeného střediska. Kromě pravidelných auditů, probíhají i tzv. mimořádné audity. Tento audit je specifický tím, že jej provádí pracovníci průmyslového inženýrství, nebo vyšší management firmy, vždy u náhodně vybraného týmu firmy. Výsledky, které jsou uváděny v procentuálním vyčíslení, jsou vizualizovány na týmových tabulích každého pracovního týmu. Výsledek je vázán na variabilní mzdovou složku výrobních dělníků, tedy prémie.

Před:



Po:






Obr. 12 – Vizualizace PŘED a PO na strojích STAMA 331

Dalším krokem, toto řešení vzešlo ze zápisu SFM, byla montáž a zapojení andonů, neboli semaforů na každý stroj. Tento podmět byl realizován z toho důvodu, aby došlo k zlepšení přehledu pracovníka nad svým strojem. Tato instalace proběhla z toho důvodu, že pracovníci pracují ve vícestrojové obsluze (3 – 4 stroje) a bylo nutné jim vizualizovat, to co se děje na úzkoprofilovém stroji, tak aby v případě výpadku, či jakéhokoliv přerušení cyklu došlo k co nejkratšímu prostoji stroje. Jednotlivé barevné signály vždy značí na výrobním stroji určitý, aktuální stav.



Obr. 13 – Signalizační zařízení pro vizualizace stavu stroje

Barevné označení jednotlivých stavů při výrobním cyklu na stroji:

	Stroj je ve výrobním cyklu a vyrábí
	Přerušení výrobního cyklu
	Porucha stroje, či jakýkoliv výpadek stroje



### 3.4 SMED

Jelikož bylo zapotřebí v prvním měsíci uspokojit co nejvíce požadavků a z důvodu vytížení strojů na 100%, probíhala výroba zakázek při maximální velikosti 100ks. Při častém přetypování strojů ovšem dochází k ztrátám kapacit, které mohou být využity k další výrobě. Bylo nutné výrobu stabilizovat a dát jí určitý řád, z důvodu minimalizování seřizování a dalším ztrátám.

Po pravidelných aktualizacích požadavků pro montáž finálních zbraní od plánování (použití i sestavy kapacitní propočty), které provedení je potřeba vyrábět v nejbližších 2 měsících, probíhá schůzka na úrovni dílny. Na tomto meetingu jsou přítomni, mistr výroby a seřizovači, kteří byli při skládání různých provedení a seskupování provedení nápomocni, tak aby se jim usnadnila co nejvíce práce při seřizování. Po získání dostatečného množství informací, tedy, které provedení pistolových rámců jsou si nejvíce podobná, jsme mohli zpracovat harmonogram výroby jednotlivých provedení a podle něj se řídit. Tento harmonogram obsahoval přehled provedení pistolových rámců, které jsou v nejbližším období potřebné vyrábět, pořadí v kterém se budou vyrábět a jak dlouho se budou jednotlivé provedení vyrábět.

[illegible]

Obr. 14 – Harmonogram výroby rámců

Výroba  
 Přetypování stroje  
 Dlouhodobější řízená odstávka

I přes maximalizaci slučování výrobních dávek a snaze snížit seřizování na minimum se stále vyskytují případy, kdy je nutné náročné přetypování stroje. Proto bylo za spolupráce s průmyslovým inženýrstvím (PI) k snížení časů při přetypování a eliminování co nejvíce prostojů strojů, použita metodika SMED. Metodika byla použita u vytipovaného provedení, nejsložitější přetypování z Al rámu na klasický kovový rám. Od PI proběhlo standardní snímkování celého procesu přetypování, počínaje vyrobením posledního kusů stávající produkce a konče vyrobením dobrého dílu, dle měřicího protokolu. Následovalo vyhodnocení a rozdělení činností na interní a externí (obr.). Mezi externí činnosti se zařadily činnosti jako chystání upínačů následující výroby, příprava a nastavení nástrojů do držáků (obr.). V návaznosti na výměnu nástrojů, proběhla ve spolupráci s interní údržbou výměna laserů na strojích za nové, které dokáží přímo ve stroji změřit výšky nástrojů, tím také dochází ke snížení časů při výměně opotřebovaných nástrojů. Pro samotné přetypování stroje vzniklo za spolupráce s programátorem CNC, program pro přetypování, tak aby nemusel při tomto úkonu seřizovač projíždět kompletní řídicí program. Díky těmto aktivitám došlo k uspoření až 50% dřívějšího času přetypování.

Dalším zásadním podmětem, který vzešel z meetingu SFM, bylo při použití zkrácených řídicích programů pro přetypování stroje, použití odlitků tzv. II. jakosti. Jedná se o díly, které byly vyřazeny slévárnou jako NOK díly, následně došlo ještě k jejich znehodnocení, dle legislativy, tak aby nemohly být dále použity, či zneužity. Takto znehodnocené díly se následně používají při přetypování strojů, pro ověření rozměrů. Při použití těchto znehodnocených dílů došlo k razantnímu snížení zmetků a svým způsobem i odstranění plýtvání kapacit, při již tak napnutých kapacit strojů.

8:52:06	8:52:19	konzultace se seřizovačem	0,2167
8:52:19	8:52:39	měření 1 kusu	0,3333
8:52:39	8:53:02	měření 2 kusu	0,3833
8:53:02	8:53:03	přidání do dalšího měřidla kus 2	0,0167
8:53:03	8:53:15	měření 2 kusu	0,2000
8:53:15	8:53:30	měření 1 kusu	0,2500
8:53:30	8:53:35	chůze k dalšímu měřidlu	0,0833
8:53:35	8:53:57	měření 1 kusu	0,3667
8:53:57	8:54:01	konzultace se seřizovačem	0,0667
8:54:01	8:54:17	měření 2 kusu	0,2667
8:54:17	8:54:23	konzultace se seřizovačem	0,1000
8:54:23	8:55:05	chůze k dalšímu měřidlu	0,7000
8:55:05	8:55:41	měření 1 kusu	0,6000
8:55:41	8:55:45	vizuální kontrola	0,0667
8:55:45	8:56:07	měření 2 kusu	0,3667
8:56:07	8:56:42	chůze ke stroji	0,5833
8:56:42	9:49:42	cyklus - palety	53,0000
9:49:42	10:01:42	měření	12,0000
10:01:42	11:10:42	cyklus - bubny	69,0000
11:10:42	12:41:42	lom nástroje	91,0000
12:41:42	12:50:42	cyklus - bubny	9,0000
12:50:42	13:05:42	měření	15,0000
13:05:42	13:58:42	cyklus - palety	53,0000
13:58:42	14:10:42	měření	12,0000
14:10:42	15:27:42	cyklus - bubny	77,0000
15:27:42	15:41:42	měření	14,0000
Celková délka seřízení v minutách :			941,7

Obr. 15 – Snímkování seřizování

	Měření (externí činnost)
	Lom nástroje (interní činnost)
	Výrobní čas (interní činnost)

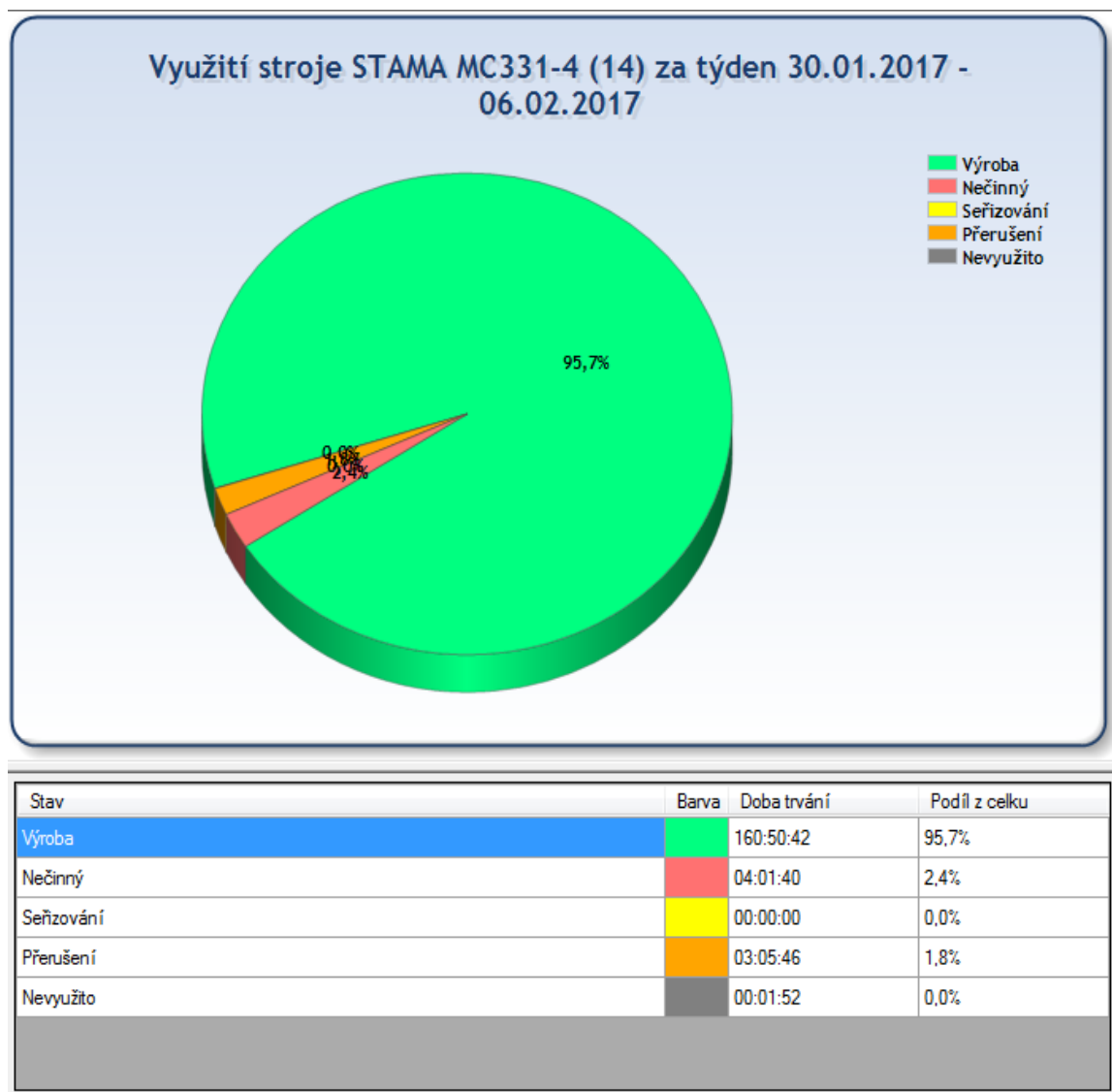
### 3.5 OEE

OEE je klíčovým ukazatelem pro podniky, které jsou aktivní v neustálém zlepšování a zeštíhlování výroby. Využívá se v programech jako downtime management (DTM), lean manufacturing, Six Sigma nebo Kaizen. Celková efektivita zařízení OEE odkrývá skryté kapacity výrobních strojů, kterých mohou využít výrobní týmy a dosáhnout tím zvýšení provozního zisku. OEE je nejvíce používaným klíčovým výrobním ukazatelem **KPI** pro hodnocení efektivity výroby.

Pro odstranění těchto skrytých prostojů výrobních strojů a tím navýšení možných výrobních kapacit, bylo strategicky rozhodnuto nejvyšším managementem, že dojde

k investování a pořízení systému pro sledování využití strategicky zvolených strojů. Stroje, které byly tedy důležité pro strategické výrobky a případné výrobní tendry, byly napojeny na systém sledování využití strojů. Tento systém dokáže vyhodnocovat průběžné délky jednotlivých cyklů, dle příslušných norem. Systém dokáže tedy při nastaveném plánovacím čase 23 hodin/ den ( 60min čištění), spočítat, kolik je potřeba vyrobit kusů za pracovní den a následně vyhodnocovat využití daného stroje za určité období, tak jako na obr. 15. Na tomto obrázku můžeme vidět využití stroje STAMA 331/4 za období od 30. 1. 2017 – 6. 2. 2017 s využitím stroje 96%. Z tohoto reportu je dále vidět nečinnost, která je v délce 4 hodin a následné přerušení v celkové době cca 3 hodin. Tento report slouží pro prvotní analýzu, slouží především pro operátory CNC a pro předáky výrobních týmů. Denní report je pravidelně zapisován předáky týmu na určené tabule, které jsou umístěny v prostoru pro ranní schůzky k SFM. Při ranním meetingu je tedy ihned patrné, zda je stanovený ukazatel dodržen, či se na sledovaném stroji objevila nějaká anomálie.

Podrobnější report, který dokáže přímo identifikovat, co se skrývá za položkou přerušení, jako například výměna opotřebeného nástroje, přestávka na oběd, porucha strojního zařízení, atd. Tento report je zpracováván odborem PI a je pravidelně vyhodnocován na týdenním meetingu za účasti mistra výroby, vedoucího provozu, pracovníka průmyslového inženýrství a případně mistra údržby, z důvodu velkých prostojů strojů díky poruchám na strojních zařízeních. Následně z těchto pravidelných schůzek, pokud dojde u takto sledovaných strojů k nesplnění ukazatele OEE, který je stanoven na 83%, vzejdou akční plány, které jsou odsouhlaseny zúčastněnými. Při následující schůzce jsou kontrolovány přiřazené úkoly, případně při vyhodnocení, že nastavený úkol je neefektivní, stanoví se nový.



Obr. 16 – Využití stroje za zvolené období

OEE má přímý vliv na ekonomické výsledky podniku, náklady, produkci a zisk. Z toho důvodu, byl tento ukazatel vybrán jako jeden ze dvou KPI ukazatelů výrobních týmů na dílně. Tento ukazatel byl vybrán především z toho důvodu, že neustálé zvyšování efektivnosti strojních zařízení vede k neustálému zlepšování. Po skončení uběhlého měsíce je následně vyhodnoceno měsíční využití strojů, které je následně zasíláno k nejvyššímu managementu. Opět v případě nesplnění stanoveného ukazatele OEE, se musí stanovit akční kroky pro odstranění nedostatků. OEE je proto velmi důležitým ukazatelem pro management, který při jeho průběžném vyhodnocování může pozitivně ovlivňovat výsledky výrobního podniku.

Pokud mají manažeři průběžné výsledky v ukazatelích OEE, z teorie vyplývá, jak je možné zlepšit výrobu (zvýšit efektivitu).

1. Vyrobit více výrobků je například možné:

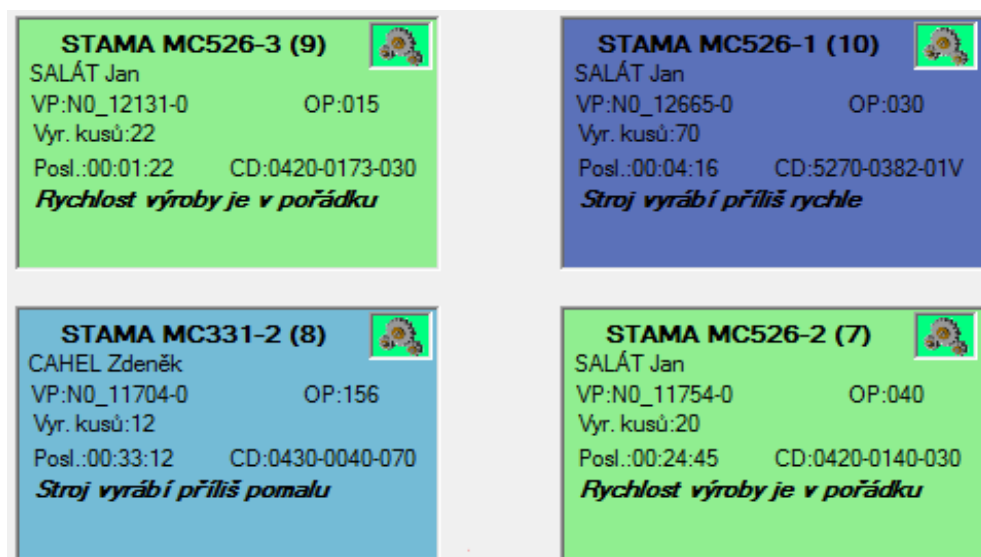
- snížením prostojů, tj. lepším využíváním výrobního času k produktivní výrobě
- zvýšením taktu - např. modernizací zařízení v technologii, mechanice nebo automatizaci
- zvýšením propustnosti - průchodu výrobků výrobním procesem, např. optimalizací procesů

2. Zlepšit poměr shodných/neshodných výrobků je například možné:

- snížením zmetkovitosti
- zvýšením kvality výrobního zařízení - např. modernizací zařízení v technologii, mechanice nebo automatizaci
- zlepšením technologie výroby

Manažeři potřebují pro rozhodování a optimalizaci výroby řešení, které je možné snadno nasadit a poskytuje informace jak v reálném čase, tak i z hlediska vyhodnocení uplynulého časového období.

Důležitou součástí projektu zlepšování výroby je průběžná informovanost výrobního týmu včetně operátorů a dělníků. V praxi se osvědčilo řešení poskytování informací v reálném čase, přímo do výrobního procesu, aby byli lidé okamžitě informováni o výsledcích své práce. Tato informovanost je prvním a samočinně působícím faktorem pro zlepšování výroby, jehož účinnost lze významně zvýšit pomocí finanční zainteresovanosti výrobního týmu na výsledcích směny.



Obr. 17 – Vizualizace procesů v reálném čase

	Rychlost výroby je v pořádku
	Stroj vyrábí příliš pomalu (oproti normě)
	Stroj vyrábí příliš rychle (oproti normě)
	Přerušení výrobního cyklu (porucha, výměna nástroje)
	Seřizování

Objektivním měřením výše uvedených faktorů získáme hodnoty, jejichž součinem vypočítáme "celkovou efektivitu zařízení". Tak můžeme hodnotit využití zařízení a případně hledat cesty jeho zvýšení.

Systéme online sledování strojů, tedy OEE, používáme jako nástroj pro:

- Identifikování a kvantifikace ztrát vznikající ve výrobním procesu
- Možnost zavedení ovlivnitelných ukazatelů výroby a údržby do motivace – snižování ztrát, zvyšování OEE
- Zvýšení OEE, snížení ztrát – úspora energií, úspora lidských zdrojů, vyšší využití strojů
- Zvýšení produktivity a výkonnosti celého provozu

## **4 NÁVRHY INOVACÍ VÝROBNÍ LINKY**

Kapitola popisuje nahrazení současné výrobní technologie, tedy celkovou modernizaci procesu. V rámci této modernizaci, proběhlo kompletní přehodnocení výrobního procesu a navržení tak výrobní linky, pro zvýšení produktivity, zlepšení kvality a zkrácení průběžných dob výroby.

Současná výroba na CNC STAMA je i přes aplikování nejnovějších trendů v rámci řízení úzkých míst, optimalizací procesů a maximálního vytížení těchto strojů v rámci světových nejmodernějších trendů: snižování nákladů a průběžných dob výroby, požadovaná kvalita PPM a uspokojení tak požadavků zákazníků nepřijatelná. Průběžná doba výroby pistolového rámu je zdlouhavá, jelikož se skládá ze dvou etap. První etapu tvoří tzv. příprava polotovarů rámu, kdy v této etapě probíhá na konvenčních strojích odstranění zbytkových nálitků na odlitku a vytvoření tak čistých ploch, které následně slouží ve stroji jako dosedací, upínací plochy. Druhá část výroby poté již začíná na CNC strojích STAMA. Rám je z velké části obroben, ovšem z důvodu, že stroj dokáže pracovat pouze ve 4 osách, nedojde k celkovému obrobení rámu. Z toho důvodu, je nutné po obrobení na CNC ještě v rámci technologického toku dokončit některé operace na starých, konvenčních strojích. Jedná se především o obrážecí operace, popřípadě vrtání otvorů, pod určitých úhlem.

Díky tomuto technickému omezení stroje STAMA a v návaznosti na hledání optimalizací a odstraňování úzkého místa na těchto strojích, se rozběhl investiční projekt pro navýšení výroby a pokrytí tak všech zakázek a poptávek po tomto produktu. Základním požadavkem investiční akce byla kompletní příprava a navržení takových strojů, popřípadě linek, aby došlo k celkovému obrobení pistolového rámu (odlitku) na CNC stroji, bez nutnosti dokončení některých operací na klasických konvenčních strojích, tak jako doposud.





Obr. 18 – Horizontální frézka

#### **4.1 Výběr nové technologie výroby**

V dnešní době, kdy firmy mezi sebou soupeří v rychlosti, kvalitě a ceně dodávaných dílů je zapotřebí tuto technologii zlepšit a do budoucna zcela nahradit. Proto x-desítek konvenčních strojů a pár CNC strojů nahradí pouze pár strojů, modernějších strojů, které dokáží pracovat ve více osách. V průběhu výběrového řízení bylo osloveno několik firem, které představily několik možností technologií. Všechny oslovené firmy představily inovativní posun v technologiích výroby, splnily hlavní požadavky, které byly požadovány. Nakonec pro dodání strojů a technologie byla vybrána varianta linkového provedení, kde rozhodujícím faktorem byla možnost v rámci koncepčního řešení, navrhnout upínače pro možnost rychlého přetypování různých provedení. CNC stroje, které byly dodány, byly umístěny do tvaru U, tzv. hnízdo, tak aby uprostřed mohl být usazen robot. Aby došlo ke správnému nataktování a navazování jednotlivých strojů na sebe (linka), jsou stroje v hnízdě poskládány následně:

**První stroj** v hnízdě provádí úkony, které jsou důležité pro další upínání dílů ve stroji. Tento stroj odfrézuje zbylé části odlitku a připraví tak plochy pro další upínání.

**Druhý stroj** v hnízdě nahrazuje staré konvenční obrážecí stroje a následně provádí i vrtání otvorů na bočních stranách rámu, které slouží ovládacím prvkům střelné zbraně.

**Třetí stroj** v hnízdě provádí dokončovací operace, hlavně především vrtání šikmých děr pro vnitřní ústrojí chodu zbraně.



Obr. 19 – CNC hnízo pro výrobu závěru

## 4.2 Navrhnutí nového robotu

### **Standardní víceúčelový robot Fanuc M-710iC/70 s užitečným zatížením 70 kg**

Tato inovativní řada lehkých robotů se vyznačuje štíhlým zápěstím, tuhým ramenem a malými nároky na prostor. Tento výkonný šestiosý model, který nabízí mimořádně vysoké osové rychlosti a také nejlepší užitečné zatížení 70 kg a zvládání setrvačných momentů ve své kategorii, se hodí pro nejrůznější aplikace.

POČET OS ROBOTU - 6

DOSAŽ - 2050 mm

NOSNOST - 70 kg



Obr. 20 – Robot Fanuc <sup>13</sup>

### **Výhody:**

**Mimořádná opakovatelnost** - tento model je schopen zvednout až 70 kg, podporuje velmi vysoké osové rychlosti a jeho opakovatelnost je  $\pm 0,07$  mm.

**Snadná manipulace s rozměrnými plechy** - díky vysokorychlostním osám a vysokému užitečnému zatížení je tento model ideální pro manipulaci s velkými obrobky, jako jsou skleněné tabule a ocelové plechy.

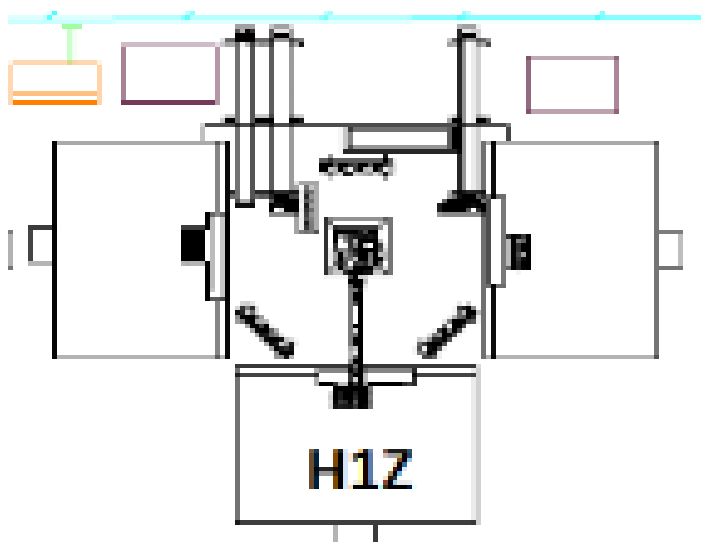
**Špičková rychlost a výkony v pohybu** - díky vysokorychlostním osám a přesným a robustním specializovaným reduktorům a motorům poskytuje robot M-710 vynikající výkon a jedinečnou spolehlivost.<sup>13</sup>

### **4.3 Zapojení do výrobního procesu**

Robot bude umístěn doprostřed hnízda, tak aby bez problému dosáhl do každého stroje, do jeho pracovního prostoru a do upínače, kterého je zapotřebí.

Pro dodržení všech bezpečnostních prvků je hnízdo obeháno bezpečnostním plotem, to z toho důvodu, aby se zabránilo vstupu pracovníků do pracovního prostoru a nedošlo k možnému zranění. Pokud je tedy nutný zásah v pracovním prostoru a pracovník je nucen vstoupit do něj, je nutné nejprve deaktivovat elektrický zámek, který uzamyká pracovní prostor a tím pádem dojde k deaktivaci robota.

Dále k vytvořenému hnízdu byly přidány dopravníkové pásy, jak pro vstupní materiál (plný, nařezaný materiál ve tvaru kvádrů), tak i pro výstup hotových dílů.



Obr. 21 – Schéma hnízda

Pro maximální využití robotické ruky v mezičase obrábění, byly přidány další automatizované funkce. Ve stroji jsou přednastavené tzv. životnosti nástrojů, kdy po jejich

dosažení stroj zahlásí robotu signál, ten ze zakladače vyzvedne předem nachystaný nástroj a vymění jej za tupý. Díky nástrojové sondě uvnitř pracovního stroje si stroj dokáže i upravit korekci na nástroji. Tímto krokem došlo ke snížení prostoje stroje při výměně nástroje z několika minut na pár sekund.

Mezi následující úkony, které robotická ruka zvládne po vytažení obrobených dílů ze stroje a před odložením na pás, je provedení ruční úpravy, tedy odjehlování zbývajících ostrých hran a ořepů, které stroj nedokázal odstranit při obrábění dílu.



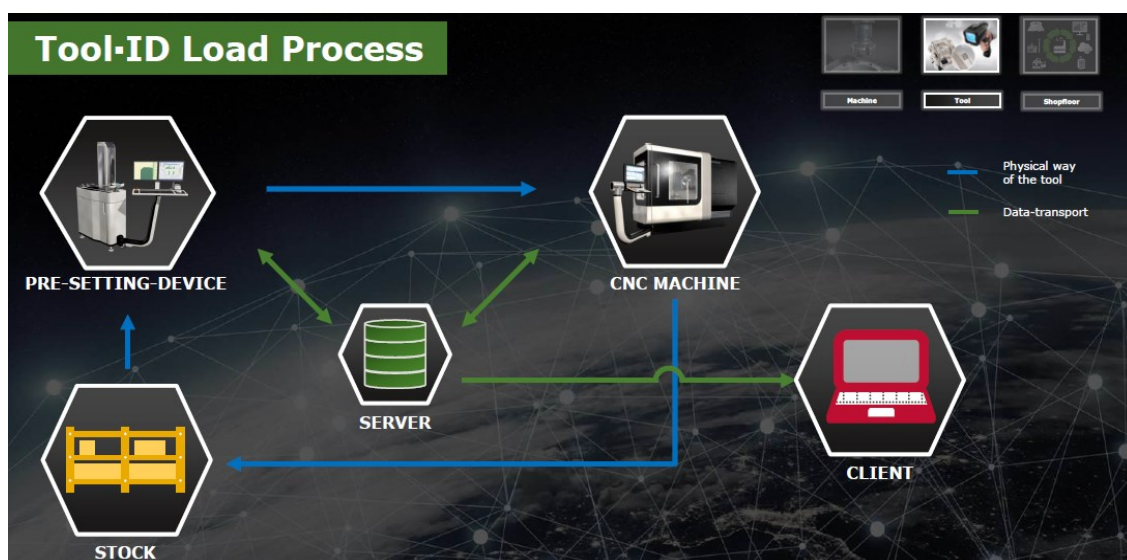
Obr. 22 – Robotické hnízdo

Podařila se tedy navrhnout a zprovoznit výrobní linka pro výrobu pistolových rámp se v plně automatizovaném režimu, kdy pracovníci pouze vkládají polotovary, tedy předem připravené odlitky, dle požadavku a za 30 min výrobního času (přepočítáno na 1ks, jinak se v cyklu obrábí 4ks) z druhé strany vyjede na dopravníkovém pásu hotový rám, který projde již minimální ruční úpravou a požadovanými povrchovými úpravami. Touto



investicí neboli modernizací jsme dokázali zkrátit průběžnou dobu výroby, maximálně snížit lidský faktor a především i zlepšit kvalitu. Díky této automatizaci může 1 pracovník na směně obsluhovat i 3 taková hnízda (9 CNC strojů), což bylo ještě pár let zpět nemyslitelné. Zároveň i s tímto krokem došlo k navýšení výroby. Momentálně je v CZUB 6 takových hnízd pro výrobu pistolových rámců. Z pohledu kvalifikace je toto jedno z nejsložitějších pracovišť, jelikož je při obrábění v řezu cca 40 nástrojů v jednom stroji, tedy celkem 360 nástroj a po změření hotového dílu se pracovník musí vyznat v měřicím protokolu, který obsahuje 250 měřených rozměrů.

Při budování tohoto pracoviště bylo myšleno do budoucna a již v dnešní době probíhá testování a postupná implementace Industry 4.0. V první fázi se pracuje na odstranění používání papírových technologických postupů, výkresů a měřicích protokolů. Pomocí implementovaných programů se tato dokumentace přesouvá na PC, které jsou u každého pracovního hnízda, tak aby to vedlo k co největší efektivitě pracovníků a snižování plýtvání ve formě hledání postupů, či výkresů. V následujícím období bude probíhat zkouška čipovaných nástrojů, kde dokážeme zjistit o každém nástroji jeho kompletní životnost.



Obr. 23 – TOOL ID

## **5 ZHODNOCENÍ OPTIMALIZACE A PŘÍNOS PRO PODNIK**

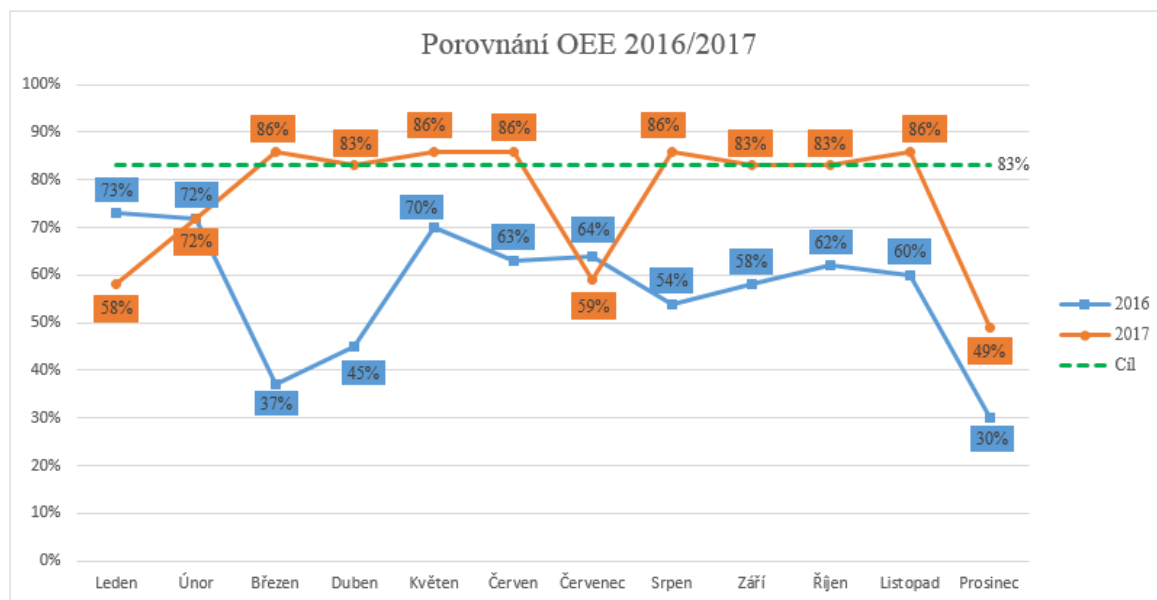
V závěrečné kapitole jsou shrnuty veškeré kroky, které byly podniknuty. Jsou zde uvedeny výsledky jednotlivých ukazatelů, které vedly k zvyšování efektivnosti výroby.



Obr. 24 – CZ 75 B NEW EDITION <sup>12</sup>

Pro celkové vyhodnocení optimalizací a stabilizací procesů, bylo použito několik nástrojů, které dovolují sledovat a vyhodnocovat správnost trendů u jednotlivých ukazatelů. V první řadě byla každý den sledována výroba pistolových rámců s denním vyhodnocováním. Při nesplnění plánu, musí být zapsán důvod nesplnění, tak aby se v případě opakování některého z nestandardů dal odstranit. Toto sledování je úzce spjato s metodikou Shop Floor Managementu (zkráceně SFM), kdy pracovníci při vyskytnutí jakéhokoliv problému můžou zapsat vyskytnutou anomálii na tabuli, kde je poté stanoven zodpovědný řešitel a stanoven termín odstranění. Dalším nástrojem, který byl využit, bylo díky napojení všech strojů na tzv. DNC síť je vyhodnocení využitelnosti strojů, neboli OEE. Za pomoci tohoto programu bylo možné monitorovat využití strojů 24h/ den, 7 dní v týdnu, a díky tomu online vyhodnocovat statistiky a poté výsledky vizualizovat a případné opakující se anomálie odstranit. Tak jako je zobrazeno na Obr. 24, je vidět razantní navýšení a plnění ukazatele OEE 83%, oproti předcházejícímu roku. Poklesy OEE, které jsou během měsíců červenec a prosinec, jsou z důvodu odsouhlasené 14 denní celozávodní dovolené, kdy vyšší management rozhodl, že i tyto stroje budou v tuto dobu odstaveny z provozu.

Můžeme tedy říci, že veškeré aktivity, které byly aplikovány, jako třeba: zpracování harmonogramu pro slučování výrobních dávek, aplikování metodiky SMED, nastavení standardů pro pracoviště dle 5S a sledování maximálního využití strojních zařízení, byly aplikovány správně.



Obr. 25 – Porovnání OEE u strojů STAMA za rok 2016/2017

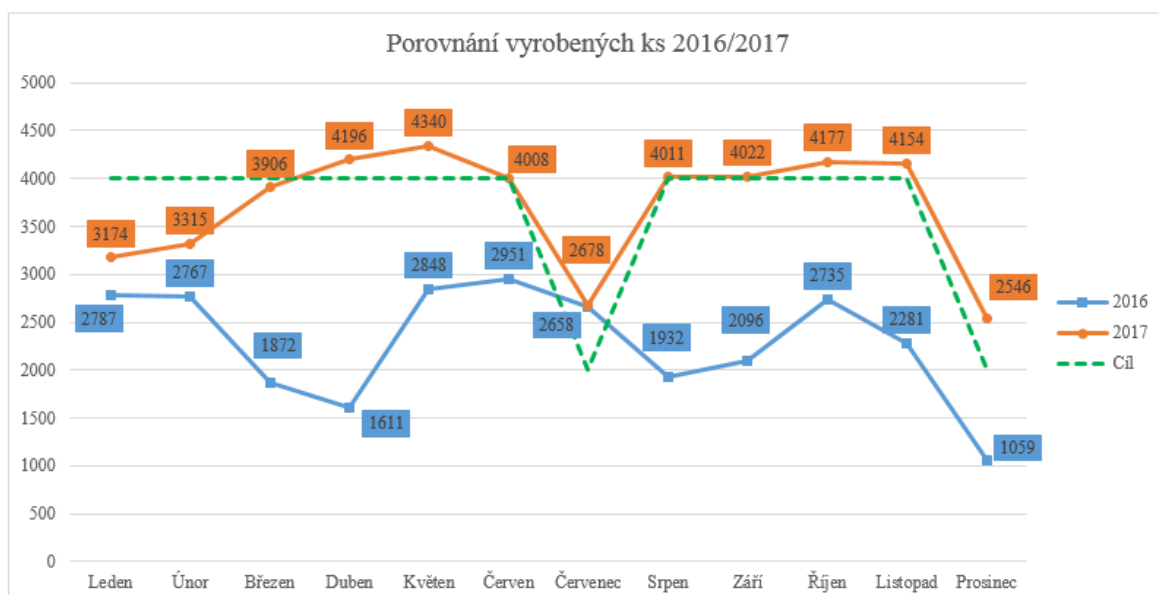
Ve spolupráci s externími, ale zavedenými dodavateli nástrojů byly vyvinuty speciální nástroje pro výrobu těchto specifických dílů. Po aplikování těchto nástrojů byly upraveny řezné podmínky na doporučené od dodavatele. Díky vývoji i některých kombinovaných nástrojů došlo k uspoření sice malého množství nástrojů, ale v celkovém součtu, kdy zahrneme i potřebnou výměnu nástroje razantní snížení délky cyklu. Ve finálním výsledku, se dokázala navýšit produkce oproti stávajícím počtům, o požadovaných 20%. U některých provedení bylo toto navýšení efektivnější a to především u hliníkových rámců, kde jsou řezné podmínky podstatně vyšší, než třeba u nerezového rámu, kde je zapotřebí aplikování nástrojů s odlišnou geometrií bříty.



Tab. 3 – Porovnání výroby před a po optimalizaci

<b>Provedení pistolových ráků</b>	<b>Počet vyráběných ks/den před optimalizací</b>	<b>Počet vyráběných ks/den po optimalizaci</b>
<b>0420-0047-XX</b>	<b>32 ks</b>	<b>36 ks</b>
<b>0420-0047-0703</b>	<b>24 ks</b>	<b>28 ks</b>
<b>0420-0041-XX Nerez</b>	<b>24 ks</b>	<b>26 ks</b>
<b>0430-0040-XX Al</b>	<b>40 ks</b>	<b>52 ks</b>
<b>0640-0040-XX Al</b>	<b>36 ks</b>	<b>40 ks</b>
<b>0460-0040-XX</b>	<b>36 ks</b>	<b>40 ks</b>
<b>0470-0040-XX</b>	<b>36 ks</b>	<b>40 ks</b>

Jelikož stroje vyrábí v nepřetržitém provozu, byl plán vždy počítán na 30 pracovních dnů, respektive na 28 pracovních dnů v únoru a během měsíců červenec a prosinec byl plán ponížen na 2 000 ks/měsíc z důvodu vyjednání celozávodní dovolené v CZUB. Celková produkce pistolových ráků se tedy na těchto technologicky starých strojích navýšila a stabilizovala na minimálním počtu 4 000 ks/ měsíc. Z důvodu velkého sortimentu nebyl stanoven pravidelný denní takt, jako na výrobních linkách. Vždy bylo stanoveno, dle aktuálně vyráběného sortimentu denní plán, který se musel splnit. Produkci se podařilo navýšit po aplikování veškerých metod, mezi jednotlivými lety 2016 a 2017 o necelých 18 000 ks pistolových ráků. Celkový přínos v tržbách pro podnik, pokud počítáme průměrnou cenu za krátkou střelnou zbraň 15 000 Kč, se pohybují kolem 270 mil Kč. Nebereme-li v potaz pouze ekonomický přínos pro podnik, díky tomuto omezení, se dokázaly najít nástroje pro identifikaci úzkých míst a v neposlední řadě, jak k těmto úzkým místům přistupovat a následně, jak s nimi pracovat.



Obr. 26 – Porovnání vyrobených ráků za rok 2016/2017

Při realizaci převodu technologie výroby došlo k razantnímu zkrácení průběžné doby výroby u daných produktů, což je v dnešní době v dodávkách zboží prioritou číslo 1. Níže na obrázku je vyobrazeno porovnání „staré“ a nové technologie v délce obráběcího času na všech strojních operacích. Jedná se o součet potřebného času pro přetvoření polotovaru rámu, neboli odlitku na hotový pistolový rám, který je připraven pro montáž. Při realizaci této modernizace technologie, došlo ke zkrácení obráběcího času o cca 50%. Velikost úspor je odlišná, dle složitosti obráběného rámu.



Obr. 27 – Porovnání obráběcího času

Podstatně razantnější je ovšem úbytek počtu obráběcích operací. Na obrázku níže je uvedeno porovnání staré a nové technologie v počtu obráběcích operací, kde jsme dokázali díky přechodu na novou technologii snížit počet až o 70%. Především díky tomuto razantnímu snížení jsme dokázali stáhnout celkovou průběžnou dobu toku výrobní dávky na 14 dní. Takto modernizovaná výrobní linka a nastavené přesné denní takty výrobních dávek se blíží představě toku materiálu 1x1.



Obr. 28 – Porovnání počtu obráběcích operací

## 6 ZÁVĚR

Cílem této diplomové práce bylo ukázat, jaké nástroje jsou používány pro hledání a eliminaci úzkých míst pomocí kapacitních propočtů ve výrobním procesu ve společnosti Česká zbrojovka a.s.

V první části práce byla provedena rešerše literárních pramenů, kde byly popsány teoretická východiska pro práci a eliminaci úzkých míst v procesu. Byly v ní popsány pojmy jako je plánování a řízení výroby, teorie omezení, vizualizace a SMED. Z velké části byla první část diplomové práce věnována teorii omezení, kde byly vysvětleny její principy včetně její historie.

V praktické části diplomové práce byla provedena analýza stávajícího stavu, tedy metodiku při vyhledávání úzkých míst ve firmě, stav informačních systémů a byly zjištěny základní údaje k zpracování analýzy.

V hlavní analýze práce, identifikaci úzkých míst v multivýrobním výrobním plánu byly vybrány jak relevantní zdroje, tak i výrobní mix a poté byly zjištěny pomocí kapacitních propočtů maximální průchodnosti systému, stavy maximálního počtu vyrobitelných výrobků a nakonec místa s kapacitním nedostatkem, tedy úzká místa.

V závěrečné části práce bylo provedeno zhodnocení a možný přínos pro celý podnik České zbrojovky a.s. Rovněž byla zpracována možná metodika pro použití při řešení úzkých míst v procesu. Obsahuje nejen popsání postupu jak úzká místa objevit, ale i které kroky podniknout, tak aby byl model funkční, a lze jej použít při vyhledávání úzkých míst i v jiných provozech.

Při aplikování nejnovější metodiky jako 5S, SMED byly použity znalosti průmyslového inženýrství, pro je nezbytně nutné, aby se v podniku Česká zbrojovka a.s. tento odbor co nejvíce rozrůstal a pokračoval v zavádění metod průmyslového inženýrství tak aby byl podnik schopný obstát v těžkém konkurenčním prostředí zbrojního průmyslu. Zavádění nejnovějších metod průmyslového inženýrství při jejich rozumné a kontinuální implementaci přináší firmě snížení plýtvání v rámci, snížení průběžných dob výroby, snížení rozpracované výroby a zásob, a v neposlední řadě i zvyšování celkové efektivnosti práce nejen ve výrobě, ale i v logistice.

Diplomová práce pro mě měla hlavní přínos v uvědomění možných omezení v jakémkoliv systému. Toto uvědomění mne přivádí na fakt, že ačkoliv se jedná o jakkoliv zavedený systém, či jakkoliv staré zařízení, vždy existuje východisko z možného omezení. Tento

důležitý fakt, se kterým se dá pracovat a neustále zlepšovat nejen ve výrobní, ale i nevýrobní či dokonce administrativní sféře. Dnešní svět, který je neustále v pohybu a doba je plná dynamických změn, musíme být co nejvíce flexibilní a přizpůsobivý trhu. Je tedy zapotřebí mít neustále na paměti, že se nám otevírá svět plný nových možností a neustále zlepšování a inovací.

*„Chcete-li vybudovat velký podnik, vybudujte nejdříve sebe.“ (Tomáš Baťa)*

### **Poděkování**

Chtěl bych poděkovat vedoucí mé diplomové práce. Ing. Vladimíře Schindlerové, Ph.D. za odborné rady, za vedení a přínosné konzultace. Dále chci poděkovat své manželce za trpělivost při mém studiu a podporu.

# SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

1. KEŘKOVSKÝ, Miloslav a Ondřej VALSA. Moderní přístupy k řízení výroby. 3., dopl. vyd. V Praze: C.H. Beck, 2012. C.H. Beck pro praxi. ISBN 978-80-7179-319-9
2. MAŠÍN, Ivan a Milan VYTLAČIL. *Cesty k vyšší produktivitě: strategie založená na průmyslovém inženýrství*. Liberec: Institut průmyslového inženýrství, 1996. ISBN 80-902235-0-8
3. KEŘKOVSKÝ, Miloslav. Moderní přístupy k řízení výroby. 2. vyd. V Praze: C.H. Beck, 2009, xiii, 137 s. C.H. Beck pro praxi. ISBN 978-80-7400-119-2.
4. COLLINS, James C. *Good to great: why some companies make the leap--and others don't*. New York, NY: HarperBusiness, 2001. ISBN 9780066620992
5. BASL, Josef, Pavel MAJER a Miroslav ŠMÍRA. *Teorie omezení v podnikové praxi: zvyšování výkonnosti podniku nástroji TOC*. Praha: Grada, 2003. Management v informační společnosti. ISBN 80-247-0613-x
6. GOLDRATT, Eliyahu M. *Critical chain*. Great Barrington, MA: North River Press, c1997, 246 s. ISBN 0-88427-153-6.
7. SVOZILOVÁ, Alena. Zlepšování podnikových procesů. 1. vyd. Praha: Grada, 2011, 223 s. Expert (Grada). ISBN 978-80-247-3938-0.)
8. <http://cvis.cz/tisk.php?id=542>
9. <http://mescentrum.cz/clanky/mes-mom/133-oeo>
10. <http://www.e-api.cz/24888-jednotlive-metody-a-nastroje-q-z>
11. <http://www.cie-group.cz/lexikon-metod-pi/metody/smed/>
12. <https://www.czub.cz/cz/produkty/pistole/standard/cz-75-b-new-edition.html>
13. <https://www.fanuc.eu/cz/cs/roboty/str%C3%A1nka-filtru-robot%C5%AF/%C5%99ada-m-710/m-710ic-70>

# SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 – Teorie omezení.....	12
Obr. 2 – Základní report z analýzy ztrát .....	20
Obr. 3 – Zaměření metody SMED.....	23
Obr. 4 – Analýza přetypování stroje.....	24
Obr. 5 – Analýza externích a interních časů.....	25
Obr. 6 – STAMA 331.....	29
Obr. 9 – Řešení úzkých míst a kapacitních disproporcí .....	31
Obr. 10 – Analýza využití jednotlivých zdrojů .....	32
Obr. 11 – Výhled požadavků v jednotlivých měsících .....	32
Obr. 12 – Kapacitní výhledy strojů STAMA 331 .....	34
Obr. 13 – Evidence hlášených událostí na strojích STAMA .....	37
Obr. 14 – Vizualizace PŘED a PO na strojích STAMA 331.....	39
Obr. 15 – Signalizační zařízení pro vizualizace stavu stroje .....	40
Obr. 16 – Harmonogram výroby rámců.....	41
Obr. 17 – Snímkování seřizování .....	43
Obr. 18 – Využití stroje za zvolené období.....	45
Obr. 19 – Vizualizace procesů v reálném čase .....	47
Obr. 20 – Horizontální frézka .....	49
Obr. 21 – CNC hnízdo pro výrobu závěru.....	50
Obr. 22 – Robot Fanuc .....	51
Obr. 23 – Schéma hnízda.....	52
Obr. 24 – Robotické hnízdo.....	53
Obr. 25 – TOOL ID.....	54
Obr. 26 – CZ 75 B NEW EDITION <sup>12</sup> .....	55
Obr. 27 – Porovnání OEE u strojů STAMA za rok 2016/2017.....	56
Obr. 28 – Porovnání vyrobených rámců za rok 2016/2017 .....	58



Obr. 29 – Porovnání obráběcího času .....	58
Obr. 30 – Porovnání počtu obráběcích operací .....	59

# SEZNAM TABULEK

Tab. 1 – Historie CZUB .....	29
Tab. 2 – Přehled maximálního množství výroby dílu u jednotlivých provedení před optimalizací .....	34
Tab. 3 – Porovnání výroby před a po optimalizaci .....	58

# SEZNAM PŘÍLOH

- A) Technologický postup na staré technologii výroby
- B) Technologický postup na nové technologii výroby